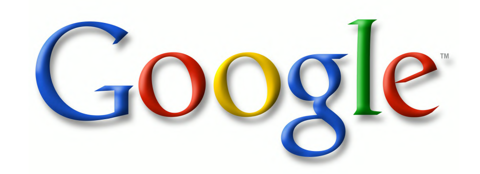
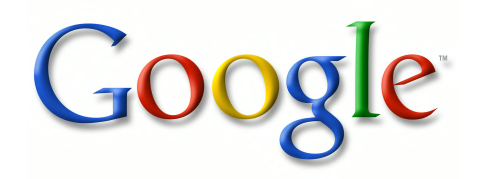

Google



LES

TRAMWAYS AUX ÉTATS-UNIS

TOURS. — IMPRIMERIE DESLIS FRÈRES.

LES TRAMWAYS AUX ÉTATS-UNIS

PAR

M. H. TAVERNIER
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

TEXTE

PARIS

Vve Ch. DUNOD et P. VICQ, ÉDITEURS

LIBRAIRES DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES ET DES TÉLÉGRAPHES

49, Quai des Grands-Augustins, 49

1896

LES TRAMWAYS AUX ÉTATS-UNIS

Par M. H. TAVERNIER
Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées

AVANT-PROPOS.

Délégué avec plusieurs ingénieurs des Ponts et Chaussées au Congrès d'ingénieurs qui s'est tenu, en 1893, à Chicago, à l'occasion de l'Exposition universelle de cette ville, nous avons parcouru une partie importante des États-Unis avec deux de nos collègues, pour visiter les travaux les plus intéressants exécutés sur les divers canaux ou rivières du pays. Dans le cours de ce voyage, nous avons eu l'occasion de visiter personnellement un grand nombre d'installations de tramways, dans les villes les plus importantes, parmi lesquelles nous citerons: New-York, Brooklyn, Boston, Chicago, Philadelphie, Washington, Saint-Paul, Minneapolis, Kansas-City, Saint-Louis, San-Francisco. Chargé par M. le Directeur des Chemins de fer de recueillir tous les renseignements possibles sur la question des tramways et d'en faire l'objet d'une étude, c'est ce travail que nous présentons.

Laissant complètement de côté la théorie pure, nous nous sommes borné à étudier les questions pratiques que soulèvent la construction, le fonctionnement et l'exploitation des divers systèmes de tramways.

Au point de vue du classement à faire de ces divers systèmes, on peut considérer que la traction s'opère au moyen soit de voitures automobiles, soit de trains remorqués par de petites locomotives. Mais cette distinction ne saurait servir de base à une classification aux États-Unis. En effet, la traction funiculaire s'opère tantôt par une voiture spéciale, appelée « dummy », qui porte le grip et remorque les voitures ordinaires, trail-cars, tantôt par des voitures automotrices, grip-cars, tantôt, enfin, par la combinaison de grip-cars et trail-cars. Avec l'électricité, la traction s'effectue soit par des voitures motrices isolées, soit par une ou plusieurs voitures ordinaires attelées à une voiture motrice. Ces diverses combinaisons de traction se pratiquent même parfois sur une même ligne, d'après les heures de la journée et l'intensité de la circulation, de telle sorte qu'il ne serait pas possible de classer les tramways en deux catégories, suivant qu'ils sont exploités par des voitures automobiles ou par des trains.

Au point de vue du mode d'emploi de la force motrice, il serait plus rationnel de classer comme il suit les divers genres de tramways :

1° Tramways à traction animale;

2° Tramways développant eux-mêmes l'énergie nécessaire à leur fonctionnement : traction par locomotives à foyer, par moteurs à gaz, à ammoniaque, etc. ;

3° Tramways emportant avec eux, pour leur fonctionnement pendant un temps déterminé, l'énergie créée dans des usines centrales : traction par locomotives sans foyer, à accumulateurs, à air comprimé ;

4° Tramways consommant pendant leur fonctionnement l'énergie recueillie en cours de route, au fur et à mesure de ce fonctionnement et créée dans des usines centrales : traction par conducteur électrique aérien ou souterrain, par câble.

Ce n'est pas non plus cette classification que nous avons

adoptée pour notre étude. Cela tient à ce que certaines de ces catégories de tramways sont peu ou ne sont pas représentées aux États-Unis. La traction par locomotive y est peu développée et employée surtout dans des États peu fréquentés par les étrangers. Dans aucune des villes que nous mentionnons plus haut, nous n'avons eu l'occasion de voir de spécimen de ce mode de traction, qui ne présente certainement aucune particularité digne d'être signalée. Les tractions par air comprimé, par accumulateurs, sont encore moins représentées aux États-Unis.

On peut dire qu'il n'existe que trois grandes catégories de tramways dans ce pays: les tramways à chevaux, qui ont existé seuls tout d'abord, mais dont l'importance diminue chaque année ; les tramways électriques, presque exclusivement à fil aérien; et, enfin, les tramways funiculaires, dont il existe de nombreux emplois, non seulement dans les villes accidentées, mais aussi dans celles qui sont construites entièrement en plaine.

Nous avons donc distingué trois catégories de tramways :

A traction animale ;

A traction électrique (en comprenant dans une même catégorie les tramways électriques de divers systèmes : à fil aérien, à fil souterrain, à accumulateurs) ;

A traction funiculaire.

Nous avons consacré un chapitre à chacune de ces catégories.

Quoique la traction animale ne présente aucune particularité bien saillante, il nous a paru convenable de donner à son sujet les mêmes renseignements que pour les deux autres modes de traction. A cause de la différence des conditions spéciales à la France et aux États-Unis et notamment des prix de la main-d'œuvre et des divers objets de consommation, il n'est guère possible d'appliquer directement à notre pays les renseignements recueillis aux États-

Unis ; on est conduit à les comparer, dans les deux pays, à ceux de la traction animale, servant, pour ainsi dire, de commune mesure.

Avant de donner les renseignements de détails relatifs aux divers modes de traction, nous avons groupé, dans trois chapitres différents, les renseignements généraux concernant l'ensemble des tramways, la description sommaire des tramways de diverses villes américaines, et enfin la voie et le matériel roulant, à l'exception seulement, pour la voie, des détails de construction particuliers à la traction funiculaire.

Le dernier chapitre est consacré à la comparaison des divers modes de traction. Après avoir reproduit les diverses appréciations trouvées à ce sujet dans des documents américains et en avoir fait la critique, nous donnons les conclusions qui nous paraissent devoir être tirées des statistiques américaines.

Nous avons tenu, dans ces conclusions, à ne pas sortir d'une certaine généralité et à éviter des comparaisons trop directes d'une forme à une autre d'un même mode de traction. Ne voulant pas que notre étude puisse passer pour être faite en faveur d'un système particulier, on comprendra facilement que nous ayons gardé la plus grande réserve possible à cet égard.

Nous aurions voulu présenter un travail plus complet et désiré que les renseignements statistiques produits s'appliquassent à tous les tramways. Pour les personnes qui s'étonneraient des lacunes présentées par notre travail, nous ferons connaître les deux anecdotes suivantes de notre voyage :

Dans une grande ville, nous exprimions à un ingénieur mécanicien, ancien Français, et depuis de longues années établi dans la ville, le désir d'avoir des renseignements détaillés sur les résultats d'exploitation d'une des principales lignes de tramways. « Cela est impossible, me dit

cet ingénieur, les actions sont à un très petit nombre de personnes; quand l'une vient à mourir, les autres rachètent aux héritiers les actions, sans qu'aucun étranger puisse savoir ni ce qu'elles valent, ni ce qu'elles rapportent. »

Dans une autre grande ville, nous demandions au directeur d'une importante Compagnie de tramways à câble les résultats d'exploitation de cette Compagnie. En réponse à notre question, le directeur nous fit voir les résultats demandés consignés avec soin et avec tous les détails désirables, mais il nous déclara qu'il ne nous montrait ces renseignements que parce que nous étions étranger et à la condition que nous ne les divulguerions pas.

Dans un important Congrès tenu en 1893, un ingénieur américain exprimait le regret, à la suite d'une très intéressante communication, « que les intérêts privés des propriétaires de tramways ne permissent pas que leurs affaires soient rendues publiques, parce que des faits de grand intérêt et de haute portée auraient pu être divulgués sur le détail de l'exploitation de ces tramways ».

Si à cela on ajoute que, généralement, les Compagnies américaines ne publient pas, comme en France, de comptes rendus annuels, que les Américains sont le plus souvent trop occupés pour pouvoir faire connaître ce qu'ils font dans des publications spéciales, on comprendra qu'il n'est pas facile de recueillir autant de renseignements qu'on le voudrait.

Nous avons donc été spécialement heureux de trouver, dans les trois États de Massachusetts, New-York et Pensylvanie, des publications annuelles faites par les Administrations des États sur les tramways et comprenant un grand nombre de renseignements.

Nous avons consulté, en outre, avec beaucoup de fruit les divers ouvrages suivants auxquels nous avons fait de larges emprunts : *Street Railways*, de M. C.-B. Fairchild,

New-York ; et *American electric Street Railways*, de M. Killingworth-Hedges, Londres ; diverses brochures de l'*Edison General Electric Company* et de la *General Electric Company ;* l'*Engineering News*, le *Street Railway Journal* et l'*Electrical Engineer*, trois publications hebdomadaires de New-York ; l'*American Street Railway Investment*. En ce qui concerne les publications françaises, nous avons trouvé des renseignements intéressants dans *le Génie civil*, *la Nature*, *la Traction mécanique des Tramways* par M. E. de Marchena, *les Chemins de fer à l'Exposition de Chicago*. Pour la comparaison avec la situation ancienne des tramways américains, nous avons consulté *les Chemins de fer aux États-Unis*, de MM. Lavoinne et Pontzen.

En terminant, nous considérons comme un devoir agréable de faire connaître que partout, soit auprès de Français ou anciens Français établis dans diverses villes où nous nous sommes arrêté, soit par eux auprès des directeurs ou ingénieurs des Compagnies de tramways, nous avons trouvé l'accueil le plus empressé et que les plus grandes facilités nous ont été données pour visiter toutes les installations de tramways que nous avons eu le désir de voir.

CHAPITRE Ier.

RENSEIGNEMENTS CONCERNANT L'ENSEMBLE DES TRAMWAYS.

Longueurs de voies et nombres de voitures en exploitation.

Les tramways pour voyageurs ont pris un développement vraiment prodigieux aux États-Unis depuis quelques années. Bien que le premier tramway établi par un Français, M. Loubat, à New-York, ne remonte qu'à 1852, il n'y avait, à la fin de 1894, pas moins de 20.168 kilomètres de voies ferrées de tramways exploitées au moyen de 41.668 voitures.

C'est surtout dans ces dernières années que le progrès des tramways a été particulièrement rapide, comme le montre le relevé suivant :

	1872	1891	1892	1893	1894
Longueurs exploitées.	1.878 k	17.042 k	18.722 k	19.869 k	20.168 k
Voitures en service...	4.525 v	36.870 v	37.399 v	40.816 v	41.668 v

Tandis que, dans l'intervalle de vingt années, de 1872 à 1892, la progression des voies de tramways a été annuellement de 760 kilomètres, elle a atteint une moyenne de 1.040 kilomètres de 1892 à 1894, l'augmentation du matériel roulant suivant une marche plus régulière de 4 à 5 % par an.

On a calculé que, ces dernières années, les dépenses faites dans l'établissement des tramways urbains électriques n'ont pas été inférieures à celles qui ont été faites pour les chemins de fer.

Comparaison avec les tramways français.

Abstraction faite des tramways servant à la fois au transport des marchandises et des voyageurs, qui comprenaient 1.020 kilomètres à la fin de 1893, il n'y avait, à cette date, en France, que 729 kilomètres de tramways à voyageurs seulement, en augmentation de 6,7 $^0/_0$ sur l'année précédente (*). Il est vrai que cette longueur représente seulement le développement des lignes exploitées, qu'elles soient à voie simple ou double, au lieu du développement total des voies simples, comme dans la statistique américaine ; mais, si on applique à l'ensemble du réseau des tramways des États-Unis la proportion qui existe dans l'État de New-York entre la longueur des lignes exploitées et celle des voies construites, on constate qu'à la fin de 1893 ce réseau était environ vingt fois supérieur au réseau français.

A elle seule, la ville de New-York a presque autant de tramways que la France et, pour ne citer que quelques villes, qui ne sont pas desservies mieux que la plupart des villes américaines, mais pour lesquelles nous avons les longueurs de voies ou de lignes, New-York, Chicago, Brooklyn, Boston, Washington, les tramways de ces diverses cités présentaient à la même date la situation suivante par rapport à ceux de Londres et de quelques villes de France.

(*) En 1895, la longueur totale des tramways à voyageurs n'est encore en France que de 780 kilomètres, en augmentation annuelle de 3,3 $^0/_0$ seulement sur 1893.

	LONGUEURS		POPULATION	LONGUEURS PAR 1.000 HABITANTS	
	des voies	des lignes		de voies	de lignes
New-York	687 kil.	»	1.515.301 hab.	0 k. 453	»
Chicago	1.030	»	1.099.850	0 937	»
Washington	230	»	202.978	1 231	»
Brooklyn	654	424 kil.	806.343	0 811	0 k. 526
Boston	432	242	448.477	0 964	0 550
Londres	403	202	4.306.411	0 094	0 050
Paris et département de la Seine	371	323	3.141.595	0 118	0 102
Lyon (*)	105	69	438.077	0 239	0 157
Marseille	»	55	403.749	»	0 136
Bordeaux	»	45	252.615	»	0 178
Nice	»	12	88.278	»	0 136

Motifs du développement des tramways américains.

L'énorme développement des tramways américains s'explique par la grande étendue des villes et le mauvais état d'entretien des rues qui en est la conséquence, par le prix très élevé et l'absence presque complète des voitures de place, et par la situation des routes établies dans la banlieue même des villes qui ne sont empierrées à peu près nulle part. Les difficultés de circulation résultant de cet état de choses, qui devaient être d'autant plus sensibles que les villes des États-Unis présentent une intensité de mouvement dont peu de nos villes françaises peuvent donner une idée, ne pouvaient que favoriser l'essor des tramways dans les villes et dans les banlieues.

Dans un grand nombre de villes, depuis que l'emploi de l'électricité a permis d'accélérer notablement la vitesse de marche des voitures, des lignes électriques ont été établies pour mettre en valeur des territoires voisins de ces villes. Ces spéculations ont dû, pour la plupart, être fruc-

(*) Les longueurs données ne comprennent que les lignes de la Compagnie des omnibus et tramways de Lyon et de la Compagnie lyonnaise de tramways et non les lignes de banlieue, qui ont une étendue d'environ 20 kilomètres.

tueuses, un grand nombre d'hommes d'affaires préférant, par goût ou par économie, habiter les environs des villes, et plusieurs affaires, qui n'ont pas été bonnes par elles-mêmes, ont pu l'être par les profits indirects donnés par les plus-values réalisées sur la vente des terrains.

Répartition des tramways au point de vue du mode de traction.

Au point de vue du mode de traction, les statistiques américaines répartissent les tramways entre les quatre systèmes suivants : *traction animale*, *électricité*, *funiculaire*, *à vapeur*.

Le tableau suivant indique cette répartition pour les années 1891 à 1894.

ANNÉES	CHEVAUX	ÉLECTRICITÉ	CABLE	VAPEUR	TOTAL
LONGUEURS DE VOIES EXPLOITÉES (EN KILOMÈTRES) :					
1891	8.514	6.539	956	1.033	17.042
1892	7.177	9.536	1.011	998	18.722
1893	5.627	12.274	1.057	911	19.869
1894	3.611	14.513	1.066	988	20.178
NOMBRES DE VOITURES :					
1891	21.793	9.892	4.370	815	36.870
1892	19.315	13.415	3.971	698	37.399
1893	16.875	17.128	4.789	2.023	40.815
1894	11.507	22.849	4.673	2.639	41.668

Ces chiffres montrent que, de 1891 à 1894, le développement des voies exploitées par l'électricité a plus que doublé, tandis que celui des voies exploitées avec des chevaux et par la vapeur a diminué, le premier notablement. Les tramways à câble ont augmenté de 11 %, bien qu'ils ne puissent convenir qu'à des circu-

lations ou à des conditions exceptionnelles, et que, par conséquent, leur emploi soit très limité. En raison des prix très élevés de leur établissement et de leur capacité considérable de transports, ils dépassent actuellement, comme capital dépensé et nombre de voyageurs transportés, le réseau des tramways à chevaux.

Les relevés statistiques du tableau annexe 1 donnent la répartition des différentes sortes de tramways entre les divers États de l'Amérique.

Il résulte de cette statistique que la traction électrique est employée sur plus de la moitié des tramways des États du Nord et dans les États du Sud, tant sur le Pacifique que sur l'Atlantique ; elle est spécialement développée dans les États de Pensylvanie, New-York et Massachusetts, où elle s'étend à 1.635, 1.412 et 1.383 kilomètres.

La traction funiculaire est développée surtout dans les États de Pensylvanie, d'Illinois, de Missouri et de Californie, où se trouvent les villes de Pittsburg, Chicago, Saint-Louis, Kansas-City, San-Francisco, Portland et Los-Angeles. A lui seul, l'État de Californie possède 263 kilomètres de tramways funiculaires.

Les États d'Alabama, New-York et de Tennesee, possèdent 483 kilomètres de tramways à vapeur, soit environ la moitié des tramways de cette catégorie. Dans ces États mêmes, ce mode de traction ne progresse pas.

Quant aux tramways à chevaux, ce sont naturellement les États qui renferment les villes les plus populeuses, c'est-à-dire ceux de New-York, Pensylvanie, Illinois, Massachusetts et Californie, qui en possèdent les plus grandes longueurs. Ces cinq États en contiennent plus de 3.000 kilomètres, par conséquent plus de la moitié de la longueur totale existant aux États-Unis.

La principale différence que présentent les tramways à chevaux aux États-Unis, par rapport aux tramways français, consiste en ce qu'il n'existe presque pas de voi-

tures à impériale. Dans une partie de l'Amérique, la rigueur de l'hiver et les fortes chaleurs de l'été pourraient expliquer ce fait, s'il ne s'étendait aussi aux villes à climat plus tempéré. L'absence d'impériales doit être attribuée uniquement à la perte de temps qui résulterait de l'ascension et de la descente d'une impériale. Les Américains estiment avec raison qu'un des avantages des tramways doit résider dans la rapidité de la marche, par conséquent dans la rapidité de l'entrée et de la sortie des voyageurs.

Tramways à chevaux, à vapeur, à câble, à conducteur électrique.

En général, les cars américains traînés par des chevaux sont plus petits que la plupart de nos tramways français; ils sont ordinairement de la dimension des cars-ripert qui circulent dans quelques-unes de nos villes. Par suite de leurs petites dimensions, les voitures se succèdent à intervalles plus rapprochés, et ainsi se trouve réalisé un des objectifs que les Américains paraissent avoir eu, avec beaucoup de raison, le plus en vue dans l'exploitation de leurs tramways : le plus court intervalle possible entre les passages des cars.

C'est probablement pour ce motif que les tramways à vapeur tendent de plus en plus à diminuer aux États-Unis. Comme le disait un ingénieur américain dans un Congrès tenu en 1893, quand une personne peut choisir entre un tramway électrique et un tramway à vapeur, elle choisit toujours le premier, parce que, lorsqu'elle manque un tramway à vapeur, il lui faut attendre vingt à trente minutes le train suivant, tandis qu'avec des voitures électriques, qui se suivent à deux ou trois minutes d'intervalle, elle est sûre de ne jamais perdre de temps.

Les premières machines à vapeur pour tramways ont été employées en 1875-1876, à Philadelphie. A ce moment,

on établit la traction à vapeur sur la ligne de Market-Street, où se trouvent des rampes de 0,045, au moyen de voitures contenant quarante places. Bien qu'on comptât sur une économie de 56 °/₀ sur la traction animale, le tramway à vapeur dont il s'agit a été remplacé par un tramway électrique. A Baltimore, un tramway à vapeur est exploité sur des rampes de 0,07.

En général, les machines à vapeur employées pour la traction à vapeur pèsent 13 à 14 tonnes, et ont une puissance de traction en palier de 250 à 300 tonnes.

Dans leur ouvrage sur les *chemins de fer en Amérique*, MM. Lavoinne et Pontzen font remarquer qu'aucune des machines employées dans ce pays ne sont aussi satisfaisantes que celles qui sont en usage en Europe; déjà ils avaient observé, à l'époque de leur voyage, que l'emploi des machines était extrêmement restreint en Amérique. Cet emploi étant devenu encore plus limité, il est certain que la traction à vapeur pour les tramways ne présente là aucune particularité intéressante à signaler.

On doit en dire autant de divers modes de traction assez employés en France, tels que les tramways à accumulateurs électriques, les tramways du système Rowan, Mekarski, à eau chaude, etc.

Au contraire, la traction funiculaire, dont il n'a encore été fait en France qu'une application, pour le tramway de Belleville à Paris, est très développée aux États-Unis. Ce mode de traction règne en maître à New-York, Chicago, sur les lignes importantes où la traction animale a paru insuffisante. Il est à peu près exclusivement adopté à San-Francisco, Kansas-City, et est employé dans un grand nombre de villes, parmi lesquelles nous citerons Washington, Saint-Louis, Saint-Paul, Portland, Brooklyn, pour ne parler que des villes où nous avons eu l'occasion de l'étudier.

La traction funiculaire convient non seulement aux villes

à fortes déclivités, comme San-Francisco et Kansas-City, mais aussi à celles où il y a de très fortes circulations à desservir. Dans plusieurs de ces villes, notamment à New-York et à Chicago, où les municipalités n'admettent pas la traction électrique, la traction par câbles a été employée avec un plein succès.

La traction funiculaire présente donc un très grand intérêt aux États-Unis. Par sa capacité de transport, elle peut entrer en comparaison avec les chemins de fer aériens, dont il existe des réseaux à New-York, Brooklyn et Chicago, et avec les plans inclinés construits sur plate-forme spéciale, interdite à la circulation publique. Elle présente, par rapport à ce dernier système, l'avantage que, au lieu de ne remorquer qu'un train à la fois dans chaque sens, le câble sans fin peut en remorquer en même temps un nombre pour ainsi dire illimité, au point que les trains ou les voitures isolées peuvent se suivre à un intervalle de moins d'une minute. La traction funiculaire est couramment employée, aux États-Unis, dans des rues dont les déclivités atteignent 20 $^0/_0$.

C'est la multiplicité des courbes qui est le principal inconvénient de ce système, en raison de la force perdue à faire plier le câble, de la perte de force qui résulte de la multiplicité des poulies de roulement des câbles dont l'emploi est nécessaire dans ces parties de voies et du bruit que produisent ces poulies, quand elles ne sont pas suffisamment bien entretenues et graissées. Mais comme aux États-Unis les rues sont tracées en alignements droits suivant de grandes longueurs, cet inconvénient a généralement peu d'importance.

Les tramways électriques à conducteurs électriques souterrains sont très peu employés aux États-Unis. Nous avons eu cependant l'occasion d'en constater à Washington un emploi très rationnel. Une des lignes partant du centre de la ville pour aboutir à une localité suburbaine

est actionnée par un conducteur souterrain sur la partie urbaine de son parcours, et par un fil aérien sur tout le reste de sa longueur. Chaque voiture est munie à cet effet de deux trolleys, placés l'un au-dessus et l'autre au-dessous de la caisse. Le passage d'un mode de traction à l'autre se fait sans difficulté ni perte de temps.

Quel que puisse être l'avenir, aux États-Unis comme ailleurs, du conducteur électrique souterrain ou d'un système analogue, c'est incontestablement le tramway électrique à fil supérieur qui s'est surtout développé dans ce pays pendant ces dernières années.

Le peuple américain, qui est trop occupé pour attacher beaucoup d'importance aux questions d'esthétique, s'est montré peu sensible à l'effet disgracieux qui résulte de l'emploi des fils aériens, dont on a comparé la multiplicité, dans certains carrefours et à la rencontre de plusieurs lignes, à une toile d'araignée. Comme la plupart des villes étaient déjà encombrées par un réseau considérable de fils électriques supportés par un certain nombre de pièces de bois horizontales clouées sur des poteaux en bois, cet effet désagréable ne pouvait qu'être peu sensible.

L'emploi des fils aériens n'a plus, d'ailleurs, aucune importance, quand il s'agit de lignes suburbaines, et, dans ce cas, il est incontestable que ce mode de traction réalise des avantages considérables par rapport à la traction animale, toutes les fois que l'importance de la circulation en justifie l'emploi.

Une pratique générale à tous les systèmes de tramways, et qui mérite d'être signalée, est l'absence de toute limitation du nombre des voyageurs dans les cars américains. On laisse monter dans les voitures autant de personnes qu'il peut y entrer, assises, debout, aussi bien dans l'intérieur que sur les plates-formes extérieures et sur les marchepieds. C'est un spectacle curieux, notamment pendant l'été, dans les villes où l'on emploie des voitures décou-

vertes à marchepieds régnant latéralement sur toute la longueur du car, de voir les voyageurs accrochés partout où ils peuvent poser un pied et se tenir d'une main. De cette façon on n'est pour ainsi dire jamais exposé à voir passer un tramway sans pouvoir y monter faute de place libre.

Les inconvénients qui résulteraient, en France, de cette manière de faire sont beaucoup diminués, aux États-Unis, par la politesse très réelle que les hommes appartenant à toutes les classes de la société témoignent aux femmes, leur cédant leur place, sans même aucune demande de leur part.

Matériel roulant. — Prix des places.

On rencontre la plus grande variété de types de voitures aux États-Unis, mais, à part un très petit nombre d'exceptions, tous ces types présentent ce caractère commun signalé plus haut de ne pas avoir d'impériale. Le désir d'augmenter le plus possible la rapidité du transport et d'éviter tout ce qui est susceptible de la diminuer peut seul expliquer cette proscription, car, comme beaucoup de lignes ont un matériel d'hiver fermé et un matériel ouvert pour l'été ; il aurait été assez naturel de profiter de ce double matériel pour pourvoir d'impériales les voitures d'été.

Beaucoup de voitures d'hiver sont chauffées, soit par de petits poêles installés dans les voitures, soit par tout autre système.

Les tramways n'ont qu'une classe de places. Cela simplifie la tâche du conducteur, et, d'ailleurs, s'il n'en était pas ainsi, il lui serait souvent impossible d'assurer le paiement de tous les voyageurs dans le mouvement incessant de va-et-vient qui se produit dans les voitures.

Le tarif de 5 cents, qui correspond à peu près à 0 fr. 25, est de beaucoup le plus généralement employé. Si les prix du personnel attaché à l'exploitation des tramways et de la main-d'œuvre de construction sont supérieurs aux prix de France, par contre les tarifs des tramways américains sont, comme on le voit, supérieurs au prix moyen perçu dans notre pays.

Tramways des États de Massachusetts, New-York et Pensylvanie.

Ce n'est que dans les trois États de Massachusetts, New-York et de Pensylvanie que nous avons pu recueillir des renseignements assez complets sur les conditions d'établissement et d'exploitation des tramways américains. Chaque Compagnie est obligée de donner, chaque année, au Board of Railroad, ou Bureau de Statistique des chemins de fer, les renseignements qui la concernent ; ce Bureau publie ces renseignements en volume avec un rapport des commissaires. Malheureusement les Compagnies, surtout dans les États de New-York et de Pensylvanie, ne répondent pas toutes à l'appel qui leur est adressé ; dans l'État de Massachusetts, les renseignements sont rapportés au kilomètre de voie ; dans celui de Pensylvanie, au kilomètre de ligne, et ce n'est que dans l'État de New-York qu'on donne les deux sortes de longueurs ; un certain nombre de Compagnies exploitent un réseau différent de celui qu'elles ont construit, ayant en location une partie du réseau exploité ; une instabilité beaucoup plus grande qu'en France existe pour les Compagnies, qui fusionnent entre elles, naissent ou disparaissent avec la plus grande facilité, de telle sorte que les renseignements publiés par les États présentent, pour des années consécutives, de grandes différences. Les dépouillements que nous avons

dû faire des documents mis à notre disposition pour les deux années finissant en juin ou septembre 1892 et 1893 ont été laborieux pour arriver à les rendre comparables. Bien qu'elles aient une source officielle, il est possible que les statistiques données par nous présentent quelques erreurs ; toutefois, ces erreurs ne peuvent pas avoir grande influence sur les résultats moyens, qui sont les plus intéressants à considérer. Relatifs seulement à trois États, les renseignements donnés s'appliquent à peu près au quart des lignes de toute l'Amérique ; ils ont donc une importance assez grande pour présenter, à ce point de vue, un intérêt sérieux. Aussi avons-nous jugé utile de joindre le dépouillement de ces statistiques à notre étude ; il fait l'objet des tableaux annexes 7 à 12.

Dans le tableau récapitulatif suivant, les longueurs de voies des tramways de Massachusetts ont été transformées approximativement en longueurs de lignes exploitées en adoptant le rapport de 60 à 66 $^0/_0$ entre les deux catégories de longueurs ; ce rapport doit peu s'écarter de cette proportion, d'après les proportions que nous avons constatées dans l'État de New-York. Les renseignements donnés dans ce tableau s'appliquent à l'année commençant le 30 juin ou septembre 1892 et finissant aux mêmes dates, en 1893.

(*) Transformation des unités américaines en françaises :

MONNAIES	
Livre sterling	25^{fr},20
Schelling $\left(\frac{1}{20}\text{ de livre}\right)$	1 ,26
Penny $\left(\frac{1}{12}\text{ de schelling}\right)$	0 ,105
Dollar	5 ,18
Cent $\left(\frac{1}{100}\text{ de dollar}\right)$	0 ,0518
VOLUMES	
Gallon	3^{lit},8

LONGUEURS	
Mille	1.609^{m},315
Yard	0 ,914
Pied	0 ,305
Pouce	0 ,0254
POIDS	
Tonne	1.016^{kil},00
Livre	0 ,454

La valeur en francs des monnaies américaines varie avec le change.

ÉTATS	KILOMÈTRES construits	KILOMÈTRES exploités	DÉPENSES d'établissement par kilomètre	RECETTES par kilomètre	DÉPENSES d'exploitation par kilomètre	COEFFICIENT d'exploitation	REVENU 0/0 DES capitaux engagés
I. — Tramways américains.							
1° TRACTION ANIMALE.							
	kil.	kil.	fr.	fr.	fr.		
Massachusetts....	27	27.5	80.233	12.865	11.215	0.87	2.7
New-York.......	304.8	416.9	509.681	138.743	98.236	0.72	10.9
Pensylvanie......	292	292	102.700	54.162	34.917	0.66	19.6
Totaux......	623.8	736.4	692.614	321.554	245.299	2.25	33.2
Moyennes...	»	»	230.871	107.185	81.767	0.75	11.1
2° TRACTION MÉCANIQUE (en grande partie électrique).							
Massachusetts....	328.1	346	169.515	29.365	21.703	0.74	4.7
New-York.......	268.4	464.8	251.000	20.082	13.888	0.69	4.3
Pensylvanie......	860	860	165.730	29.590	16.187	0.56	7
Totaux......	1.456.5	1.670.8	586.245	79.037	51.778	1.99	16
Moyennes...	»	»	195.415	26.346	17.259	0.66	5.3
3° TRACTION MIXTE (partie animale et partie mécanique).							
Massachusetts....	485.4	560.7	374.970	80.670	59.080	0.73	6.6
New-York.......	615.6	648.4	709.800	86.510	64.326	0.70	4.2
Pensylvanie	328.4	328.4	328.435	107.556	69.958	0.65	11.4
Totaux......	1.429.4	1.537.5	1.413.205	274.736	193.364	2.08	22.2
Moyennes...	»	»	471.068	91.579	64.455	0.70	7.4
4° ENSEMBLE DES TRAMWAYS DES TROIS ÉTATS.							
Totaux......	3.509.7	3.944.7	2.692.064	675.327	490.441	6.32	71.4
Moyennes....	»	»	299.118	75.036	54.493	0.70	7.9

En dehors des documents statistiques publiés par les trois États mentionnés plus haut, le *Street Railway Journal*, de New-York, a donné, dans une publication spéciale, les résultats d'exploitation de 109 Compagnies de tramways pour les trois années 1892 à 1894, de 146 Compagnies pour les deux années 1893 et 1894, et de 232 Compagnies pour l'année 1894-1895. M. Edward E. Higgins a résumé comme il suit les résultats de cette dernière année.

Les 232 Compagnies exploitent un réseau de 5.120 milles, soit environ 38 % du réseau total (*).

Le capital actions est de 316.762.149 dollars ; le capital
5 obligations de $ 278.995.75; le capital total $ 595.757.994

représente à peu près les 46 % du capital total des tramways. L'exploitation de ces 5 120 milles a donné les résultats suivants :

Recettes brutes	$84.664.338
Dépenses d'exploitation	53.175.278
Charges fixes d'intérêt	19.387.729
Bénéfices nets	12.101.331
Pourcentage des dépenses aux recettes brutes	62.8 } 100
— des charges fixes d'intérêt aux recettes brutes	22,9 } 100
— des bénéfices nets aux recettes brutes	14,3 } 100
— — au capital action	3,8

Exprimés en francs et en kilomètres, ces renseignements se résument comme il suit :

KILOMÈTRES	DÉPENSES d'établissement par kilomètre	RECETTES par kilomètre	DÉPENSES par kilomètre	COEFFICIENT d'exploitation	REVENU % des capitaux (actions et obligations)
kil. 8.240	fr. 375.000	fr. 53.200	fr. 31.500	0.63	5.3

Nous donnons à part, dans les tableaux statistiques de l'annexe 2, d'après M. L.-W. Serrell, les résultats de l'exploitation de 21 Compagnies de tramways électriques établis dans des villes de moins de 50.000 habitants, ainsi que divers renseignements concernant les tramways de Chicago et de Washington, où les tractions animale, électrique et funiculaire sont employées à la fois.

En regard des renseignements mentionnés ci-dessus, il nous paraît intéressant de reproduire, d'après les statistiques publiées par le Ministère des Travaux publics, les dépenses de construction des tramways français en 1895 et les résultats de l'exploitation en 1892. Nous avons considéré cette année de préférence à 1893, parce qu'on

n'a pas distingué, pour cette dernière année, les modes de traction adoptés.

Longueurs en kilomètres	Dépenses d'établissement		Recettes		Dépenses d'exploitation		Coefficient d'exploitation	Revenu °/₀ des capitaux engagés
	totales	par kilomètre	totales	par kilomètre	totales	par kilomètre		
II. — Tramways français.								
1° Traction animale.								
661	fr. 123.716.980	fr. 187.167	fr. 35.820.586	fr. 60.816	fr. 32.377.144	fr. 54.670	0.90	2.93
2° Traction mécanique.								
§ 1. — *A vapeur.*								
69	8.392.517	121.131	1.585.033	26.865	1.098.321	18.616	0.69	6.21
§ 2. — *A air comprimé.*								
28	4.807.690	171.703	876.021	33.693	671.883	25 842	0.77	4.84
§ 3. — *Électrique.*								
20	7.302.273	365.113	324.624	46.375	175.009	25.001	0.54	6.05
§ 4. — *Funiculaire.*								
2	1.158.739	579.370	321.452	160.726	283.626	141.813	0.88	3.36
§ 5. — *Ensemble de la traction mécanique.*								
119	21.661.219	182.027	3.107.130	33.060	2.228.839	23.711	0.72	5.6
3° Ensemble des tramways.								
780	145.378.199	186.382	38.927.716	56.995.20	34.605.983	50.667.60	0.89	3.23

Nous aurons l'occasion de comparer les tramways américains aux tramways français dans les chapitres consacrés aux différents modes de traction, au point de vue des dépenses de construction et d'exploitation. Nous nous bornons à faire remarquer ici la supériorité que présentent les tramways américains au point de vue du coefficient d'exploitation et du rendement des capitaux engagés.

Alors que le réseau des tramways des États-Unis et du Canada n'avait pas le même développement que maintenant on comptait qu'il avait nécessité une dépense de 855 millions, se répartissant comme il suit : 306 millions pour les tramways à chevaux, 256 millions pour les tramways électriques, 255 millions pour les tramways funi-

culaires, et seulement 38 millions pour les tramways à vapeur.

Actuellement qu'il atteint 20.000 kilomètres, le seul réseau de tramways des États-Unis a entraîné, d'après M. Higgins, une dépense de 6 milliards et demi.

Chemins de fer des États-Unis :

Longueurs, recettes, coefficients d'exploitation.

Sans entrer dans de grands développements à propos des chemins de fer américains, il nous paraît intéressant de rapprocher les renseignements généraux qui les concernent : recettes brutes, dépenses d'exploitation, coefficients d'exploitation, des renseignements de même nature relatifs aux tramways.

ANNÉES	KILOMÈTR. de lignes	TONNES transportés par kilomètre	VOYAGEURS transportés par kilomètre	RECETTES KILOMÉTRIQUES marchandises	RECETTES KILOMÉTRIQUES voyageurs	RECETTES KILOMÉTRIQUES totales	DÉPENSES kilométriques	COEFFICIENTS d'exploitation
	kil.	T.	V.	fr.	fr.	fr.	fr.	
1889	246.798	278.476	46.815	6.296	14.048	20.344	13.529	0,665
1890	251.454	302.823	47.080	6.367	15.281	21.648	14.244	0,658
1891	259.488	312.433	49.500	6.316	15.593	21.909	14.608	0,667
1892	261.297	337.704	51.140	6.773	16.349	23.122	15.480	0,669
1893	234.705	362.145	54.648	7.124	16.803	23.927	16.134	0,676

Le rendement des chemins de fer américains, qui était de 9 % en 1872, est tombé à 3,01 % en 1892, d'après M. Louis-Paul Dubois (*). En Angleterre, le produit net des voies ferrées a passé, pendant la même période, de 4,74 à 3,85 %.

Par régions I à X représentées sur la figure 3 de la

(*) *Revue des Deux-Mondes*, 15 mai 1895.

Pl. 4, les recettes nettes se répartissent d'une façon très irrégulière, comme l'indique le tableau suivant :

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
fr. 76.861	fr. 285.832	fr. 155.574	fr. 31.652	fr. 66.228	fr. 243.744	fr. 70.930	fr. 106.627	fr. 28.110	fr. 63.041

En calculant, sur le taux de rendement de 3 °/₀, les dépenses de construction de chemin de fer, on arrive, pour 1892, à un total de 67 à 68 milliards, correspondant à une dépense de 250 à 260.000 francs par kilomètre (*). Actuellement, les chemins de fer atteignent un développement de 282.000 kilomètres ; parmi eux, le réseau Vanderbilt, l'Atchison et le système Pensylvanie représentent des longueurs de 25.000, 14.000 et 12.600 kilomètres.

Parmi les réseaux les plus productifs, on doit citer le New-York central and Hudson River Railroad et l'Illinois central Railroad, qui donnent 4 à 5 °/₀ à leurs actionnaires.

Le produit brut moyen par tonne et par kilomètre est de 8 centimes, alors qu'en France il a varié, en 1892, de 4 cent. 66 sur le Nord, à 6 cent. 203 sur le Midi.

Les coefficients d'exploitation varient peu, aux États-Unis, pour les chemins de fer, de ce qu'ils sont pour les tramways.

On voit, par ces quelques indications, que, si les tramways ont encore, en Amérique, une importance bien inférieure aux voies ferrées ordinaires, ils sont loin de représenter, par rapport à elles, une quantité négligeable, et il est à remarquer que, dans ces dernières années, leur essor a été beaucoup plus considérable.

(*) Cette dépense s'éloigne peu de celle de 267.000 francs donnée par M. Paul Jayes (*Les Chemins de fer américains. Génie civil*, 24 et 31 août 1895).

Accidents de personnes occasionnés par l'exploitation des tramways et, par comparaison, des chemins de fer.

A part les statistiques publiées par les trois États de l'Est, il nous a été impossible de réunir des renseignements assez complets pour en tirer des conclusions utiles sur les accidents causés par l'exploitation des tramways. Ces statistiques contiennent heureusement des indications précises qu'il nous a paru utile de rapprocher des renseignements de même nature que nous avons trouvés dans les statistiques des États de Massachusetts et de Pensylvanie sur les chemins de fer. Les renseignements suivants s'appliquent à l'année 1893.

MASSACHUSETTS.

1° *Tramways.*

1.406 kilomètres de voies.
213.552.049 voyageurs transportés.
55.521.700 kilomètres-voitures.

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS OU BLESSÉS	
	total	pourcentage	total	pourcentage	total	pourcentage
Voyageurs........	2	4,5 %	309	58 %	311	54 %
Employés.........	5	11	43	8	48	8
Autres personnes..	38	84,5	183	34	221	38
Total.......	45		535		580	

Accidents de voyageurs rapportés au nombre de voyageurs transportés.		Voyageurs.
	1 tué pour..........	106.776.024
	1 blessé pour........	691.107
	1 tué ou blessé pour.	686.662

		Kilomètres-voitures.
Accidents d'employés rapportés au nombre de kilomètres-voitures.	1 tué pour..........	11.104.350
	1 blessé pour........	1.291.202
	1 tué ou blessé pour.	1.156.702

		Kilomètres-voitures.
Accidents de toute nature rapportés au nombre de kilomètres-voitures.	1 tué pour..........	1.233.816
	1 blessé pour........	103.779
	1 tué ou blessé pour.	95.727

Si on tient compte des diverses catégories de tramways, les accidents de toute nature donnent lieu aux différences suivantes :

	TRACTION ANIMALE	TRACTION ÉLECTRIQUE	TRACTION MIXTE
Nombre de voyageurs transportés.......	1.163.211	38.260.535	171.721.186
1 tué pour..........	(ni tué)	2.125.585	6.360.040
1 blessé pour.......	(ni blessé)	287.673	425.052
1 tué ou blessé pour	»	253.381	398.425

Les accidents, surtout les accidents mortels, sont notablement moindres sur les tramways à traction mixte que sur les tramways exploités entièrement par l'électricité.

Le tableau suivant donne la décomposition comparée des accidents survenus dans la *West-End Street Railway* et les autres Compagnies de l'État, la première Compagnie transportant les $\frac{5}{8}$ du nombre total des voyageurs et représentant plus de la moitié des kilomètres-voitures. Pour la West-End, le tableau indique comment les accidents se sont répartis entre la traction animale et la traction électrique.

	WEST-END	AUTRES COMPAGNIES
Voyageurs transportés	138.863.618	79.688.391
— tués ou blessés....	170	141
Rapport au nombre transporté	1 pour 787.433	1 pour 565.166
Kilomètres-voitures..........	30.039.722	25.472.494
Passants tués ou blessés......	135	91
Rapport aux kilomètres-voitures....................	1 pour 222.516	1 pour 280.027
Nombre de voyages	2.303.462	2.177.709
Accidents de toute nature, tués ou blessés................	303	255
Rapport au nombre de voyages	1 pour 6.980	1 pour 8.540
Kilomètres-voitures, traction électrique................	22.881.343	»
Accidents de toute nature, tués ou blessés................	271	
Rapport aux kilomètres-voitures....................	1 pour 84.433	
Kilomètres-voitures, traction animale..................	7.158.380	»
Accidents de toute nature, tués ou blessés................	59	
Rapport aux kilomètres-voitures....................	1 pour 121.346	

Les nombres précédents indiquent que les accidents de diverses natures sont moitié plus fréquents sur les tramways électriques que sur les tramways à traction animale. C'est un résultat du même ordre que celui qui a été signalé plus haut en comparant les tramways électriques et mixtes de l'État de Massachusetts.

2° *Chemins de fer.*

4.809 kilomètres de voies.
96.000.000 voyageurs transportés.
41.901.485 kilomètres-trains de voyageurs.
50.489.364 — de diverses autres catégories.

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS OU BLESSÉS	
	total	pourcentage	total	pourcentage	total	pourcentage
Voyageurs........	25	8 $^0/_0$	157	14 $^0/_0$	182	12,5$^0/_0$
Employés.........	110	34	814	72	924	63,7
Autres personnes..	187	58	158	14	345	23,8
Total.......	322		1.129		1.451	

		Voyageurs.
Accidents de voyageurs rapportés au nombre de voyageurs transportés.	1 tué pour............	3.840.000
	1 blessé pour..........	611.465
	1 tué ou blessé pour...	527.472
		Kilomètres-trains.
Accidents d'employés rapportés au nombre de kilomètres-trains.	1 tué pour............	839.917
	1 blessé pour..........	113.502
	1 tué ou blessé pour...	100.000
		Kilomètres-trains.
Accidents de toute nature rapportés au nombre de kilomètres-trains.	1 tué pour............	286.924
	1 blessé pour..........	81.834
	1 tué ou blessé pour...	63.673

Si on compare les accidents de voyageurs des tramways à ceux des chemins de fer, on constate qu'ils sont proportionnellement un peu plus faibles sur les tramways que sur les chemins de fer, mais beaucoup moins cependant que cela devrait être d'après les parcours moyens des voyageurs sur les deux catégories différentes de voies ferrées. Calculés par rapport aux kilomètres-trains ou voitures parcourus, les accidents de voyageurs sont un peu plus nombreux sur les tramways que sur les chemins de fer, 1 pour 178.526, au lieu de 230.228.

Les accidents survenus sur les voies de chemins de fer ou sur les chaussées représentent à peu près le même pourcentage, 23,8 et 38 $^0/_0$; mais il est à remarquer que les accidents d'employés sont beaucoup moins nombreux

que les accidents de voyageurs sur les tramways, tandis que le contraire a lieu sur les chemins de fer.

PENSYLVANIE.

1° *Tramways.*

1.352 kilomètres de lignes.
260.000.000 voyageurs transportés.
32.180.000 kilomètres-voitures.

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS ET BLESSÉS	
	total	pour-centage	total	pour-centage	total	pour-centage
Voyageurs........	7	9,6 %	225	59 %	232	51 %
Employés.........	3	4,1	20	5	23	5
Autres personnes..	63	86,3	137	36	200	44
Total.........	73		382		455	

		Voyageurs.
Accidents de voyageurs rapportés au nombre de voyageurs transportés.	1 tué pour...........	37.142.857
	1 blessé pour.........	1.155.555
	1 tué ou blessé pour..	1.120.690
		Kilomètres-voitures.
Accidents d'employés rapportés au nombre de kilomètres-voitures.	1 tué pour...........	10.726.666
	1 blessé pour.........	1.609.000
	1 tué ou blessé pour..	1.400.000
Accidents de toute nature rapportés au nombre de kilomètres-voitures.	1 tué pour...........	440.822
	1 blessé pour.........	84.240
	1 tué ou blessé pour..	70.725

Distingués par mode de traction, les accidents de toute nature ont donné les résultats suivants :

	TRACTION ANIMALE	TRACTION ÉLECTRIQUE
Nombre de voyageurs transportés..	64.403.916	70.710.274
1 tué pour........................	10.733.986	1.504.474
1 blessé pour.....................	1.314.365	474.566
1 tué ou blessé pour.............	1.170.980	360.767

2° *Chemins de fer.*

30.751 kilomètres de lignes.
153.581.435 voyageurs transportés.
102.538.913 kilomètres-trains de voyageurs.
184.270.612 — d'autres catégories.

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS OU BLESSÉS	
	total	pourcentage	total	pourcentage	total	pourcentage
Voyageurs.........	79	4,3 %	779	7 %	858	6,6 %
Employés.........	650	35,7	8.848	79,6	9.498	73,4
Autres personnes..	1.090	60	1.495	13,4	2.585	20,4
Total..........	1.819		11.122		12.941	

		Voyageurs.
Accidents de voyageurs rapportés au nombre de voyageurs transportés.	1 tué pour............	1.944.069
	1 blessé pour.........	197.152
	1 tué ou blessé pour...	179.000
		Kilomètres-trains.
Accidents d'employés rapportés au nombre de trains-kilomètres.	1 tué pour............	441.245
	1 blessé pour.........	32.415
	1 tué ou blessé pour...	30.197
Accidents de toute nature rapportés au nombre de trains-kilomètres.	1 tué pour............	157.674
	1 blessé pour.........	25.698
	1 tué ou blessé pour...	22.163

On constate que, dans l'État de Pensylvanie, comme dans celui de Massachusetts, les accidents de toute nature des tramways électriques l'emportent notablement sur ceux des tramways à traction animale ; que, sur les tramways, les accidents de voyageurs l'emportent énormément sur ceux des employés, et que l'inverse se produit sur les chemins de fer.

Si on compare l'État de Pensylvanie à celui de Massachusetts, on trouve que les accidents de voyageurs y sont plus nombreux sur les chemins de fer, et notablement moindres sur les tramways.

Contrairement à ce qui a lieu dans le Massachusetts, les accidents de voyageurs, ramenés au nombre de kilomètres-trains ou voitures sont un peu moins fréquents sur les tramways que sur les chemins de fer, 1 pour 138.793, au lieu de 119.509.

NEW-YORK.

Tramways.

2.421 kilomètres de voies.
486.285.638 voyageurs transportés.

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS OU BLESSÉS	
	total	pourcentage	total	pourcentage	total	pourcentage
Voyageurs	14	18,2 °/₀	191	48,1 °/₀	205	43,2 °/₀
Employés	9	11,7	27	6,8	36	7,6
Autres personnes	54	70,1	179	45,1	233	49,2
Total	77		397		474	

		Voyageurs.
Accidents de voyageurs rapportés au nombre de voyageurs transportés	1 tué pour	34.734.688
	1 blessé pour	2.545.998
	1 tué ou blessé pour	2.372.125

La distinction des accidents d'après le mode de traction donne les résultats suivants :

	TRACTION animale	TRACTION électrique	TRACTION mixte
Nombre de voyageurs transportés	201.474.357	35.251.696	249.559.585
1 tué pour	7.749.014	3.916.855	5.941.895
1 blessé pour	1.767.319	597.486	1.114.105
1 tué ou blessé pour	1.437.603	518.407	938.194

Les accidents de voyageurs sont relativement moindres dans l'État de New-York que dans les deux autres États, et les tramways électriques occasionnent toujours un nombre d'accidents proportionnellement plus grand que la traction animale.

Nous terminerons ces observations en comparant les accidents des tramways américains avec ceux qui ont été constatés en 1893 sur les tramways de Paris à traction mécanique de divers systèmes, d'après le rapport annuel de M. l'ingénieur en chef Hétier, ainsi que sur ceux de Lyon.

Les tramways à traction mécanique de Paris, d'un développement de voies de 38.080 mètres, ont transporté 15.557.630 voyageurs et ont occasionné les accidents suivants :

	TUÉS		BLESSÉS		TUÉS OU BLESSÉS	
	total	pourcentage	total	pourcentage	total	pourcentage
Voyageurs.........	0	»	4	25 %	4	20 %
Employés.........	1	25 %	1	6,3	2	10
Autres personnes..	3	75	11	68,7	14	70
Total....	4		16		20	

Il n'y a eu qu'un voyageur blessé sur ces tramways pour 3.889.407 voyageurs transportés, et un accident de toute nature pour 777.881 voyageurs, ce qui est notablement inférieur à toutes les proportions constatées sur les tramways, même à chevaux, des trois États américains considérés.

A Lyon, les tramways de toute nature exploités en 1894 se sont étendus à 80 kilomètres de voies, ont transporté

28.387.929 voyageurs, et ont donné lieu aux accidents suivants :

	TUÉS	BLESSÉS	POURCENTAGE
Voyageurs	0	4	45 %
Employés	0	2	22
Autres personnes	0	3	33
Total	0	9	

Sur ces tramways, il n'y a donc eu qu'un voyageur blessé pour 7.096.982 voyageurs transportés, et un blessé de toute nature pour 3.154.214 voyageurs transportés, ce qui est encore moins que sur les tramways à traction mécanique de Paris, et beaucoup moins que sur les tramways américains.

Ces comparaisons, qui, pour être très concluantes, auraient besoin d'être plus étendues, concordent avec l'impression que nous a faite l'exploitation des tramways américains, d'une sécurité moins grande aussi bien des voyageurs et des passants que des employés de tramways (*).

(*) La même conclusion peut être tirée de la comparaison des accidents mortels survenus, en 1893, sur les chemins de fer des États de Massachusetts et de Pensylvanie et, de 1888 à 1892, sur les chemins de fer français, d'après M. Yves Guyot (*Trois Ans au Ministère des Travaux publics*).

	MASSACHUSETTS	PENSYLVANIE	TOTAL
Voyageurs	25	79	104
Employés	140	650	790
Autres personnes	187	1.090	1.277
Totaux	352	1.819	2.171

CHAPITRE II.

DESCRIPTION SOMMAIRE DES TRAMWAYS DE DIVERSES VILLES AMÉRICAINES.

Nous ne donnons ici que des indications générales sur les conditions d'établissement des tramways des villes d'Amérique que nous avons eu l'occasion de visiter. Tous les détails de construction et les explications relatives à ces détails sont consignés dans les chapitres consacrés à la traction électrique et funiculaire.

New-York.

(1.515.301 habitants, d'après le recensement de 1890.)

(Le plan des tramways de New-York et Brooklyn est donné par la Pl. 1.)

La ville s'étend dans la presqu'île qui sépare l'Hudson-River de l'East et l'Harlem-River ; elle est beaucoup plus longue dans la direction de ces rivières que large dans la direction perpendiculaire. C'est donc dans le sens

---

Chemins de fer français.

	1888	1889	1890	1891	1892
Voyageurs tués par accident.........	9	3	0	54	1
— par leur imprudence..	96	95	100	45	66
Totaux.............	105	98	100	99	67

Bien que les accidents mortels soient beaucoup plus considérables sur les chemins de fer des deux États américains; il est à remarquer que la longueur de ces chemins n'est que peu inférieure à celle de l'ensemble des chemins de fer français.

de la longueur que les courants principaux de circulation se produisent et, par conséquent, dans ce sens que la plupart des moyens de transport à traction mécanique ont été établis, indépendamment des innombrables tramways à chevaux qui sillonnent la ville.

En outre des chemins de fer aériens, qui ont un développement de 162 kilomètres de voies simples, les tramways de New-York présentent actuellement une longueur de 525 kilomètres, répartis entre 22 Compagnies. Les renseignements statistiques donnés comme annexes, d'après le Board of Railroad de l'État de New-York, ne comprennent qu'une partie de ces Compagnies.

Chemins de fer aériens. — Parmi ces modes de transport, il convient de citer, en premier lieu, les quatre lignes de chemins de fer aériens qui, partant du bas de la ville, la parcourent tout entière en suivant des avenues parallèles. Ces lignes, exploitées par une seule Compagnie et d'un développement de 58 kilomètres, desservent une circulation d'une intensité tout à fait exceptionnelle, et n'ont pas coûté moins de 6 millions et demi par kilomètre.

Le premier chemin de fer aérien de New-York date de 1866 ; en 1873, il n'y avait encore que 6 kilomètres en exploitation.

En 1879, il y avait deux Compagnies de chemins de fer aériens : l'une, le *N.-Y. Elevated R. R*, exploitant les neuvième et troisième avenues sur une longueur de 28 kilomètres ; l'autre, le *Gilbert Elevated R. R.*, desservant les sixième et deuxième avenues, de l'autre côté de la principale artère de New-York, Broadway-Street, et ayant un développement de 16k,5. A cette date, les deux Compagnies se fusionnèrent en une seule qui prit le nom de *Manhattan Elevated Railroad*. En 1881, le réseau avait atteint son développement presque complet et avait 213 locomotives et 612 voitures.

Sur les lignes de *N.-Y. Elevated R. R.*, des supports isolés, espacés de 13^{m},20, portent directement la voie ; ces supports, suivant les cas, sont placés sur les trottoirs ou sur le milieu de la chaussée, la voie se trouvant généralement à environ 5 mètres de la chaussée.

Le système de construction des lignes du *Gilbert Elevated R. R.* est caractérisé par des entretoises transversales du système Pratt ; les supports sont établis à 7 mètres de distance dans le sens transversal et à 18 mètres dans le sens longitudinal. Les fermes longitudinales ont été calculées pour une charge roulante de 1.250 kilogrammes et un poids mort de 525 kilogrammes. Le mode de construction de ce réseau est moins économique.

Les déclivités du réseau actuel varient entre 5 et 10 millimètres ; les rayons des courbes sont parfois réduits à 27 mètres. La voie est double partout et à largeur normale. Pour faciliter le passage dans les courbes, les points d'attache des barres d'attelage sont reportés à 2 mètres des poitrails, arrondis de telle sorte que le contact des voitures n'ait lieu qu'en un point.

Les machines à vapeur pèsent environ 12 tonnes, et les voitures Pullman ont 12^{m},50 de longueur et 2^{m},64 de largeur.

Les trains comprennent de 2 à 4 voitures se succédant à un intervalle de deux à six minutes, et marchant à une vitesse de 20 à 22 kilomètres à l'heure. Le personnel d'un train se compose du mécanicien, du chauffeur et de trois conducteurs ; aux stations, distantes de 3 à 500 mètres, le service est fait par deux employés dans chaque sens. Les arrêts sont extrêmement courts et n'excèdent pas 15 à 30 secondes.

Le prix des places est de 0^{f},50, sauf pendant deux heures le matin et autant le soir, où le prix est réduit à 0^{f},25.

En 1893, le nombre des voyageurs transportés par les chemins de fer aériens de New-York a été de 221.407.197, ce qui correspond à 3.800.000 voyageurs par kilomètre, et ils ont donné une recette brute kilométrique de plus d'un million. Pendant la même année, la meilleure ligne de tramways de Paris a donné une recette kilométrique de 370.000 francs.

On peut voir par le tableau suivant avec quelle rapidité les transports se sont développés sur les chemins de fer aériens.

	ANNÉES	LONGUEURS de lignes exploitées	NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS total	par kilomètre
		kil.		
N.-Y. Elevated R. R.	1873	5,6	640.000	114.200
	1874	6,4	810.000	126.600
	1875	6,4	910.000	142.200
	1876	8,11	2.268.960	279.800
	1877	9,17	3.292.163	359.000
Réseau entier.	1879	51,5	60.831.737	1.181.200
	1880	51,5	75.585.779	1.467.700
	1893	58	221.407.197	3.820.000

Tramway funiculaire de la cent vingt-cinquième rue. — Le premier tramway funiculaire établi à New-York part de l'Harlem-River, suit la cent vingt-cinquième rue, au-delà du Central-Park, puis, tournant à angle droit, emprunte l'avenue Amsterdam et aboutit, après un parcours de 8 kilomètres, au pont Washington, récemment construit sur l'Harlem-River. L'usine centrale est établie à peu près au milieu de la ligne.

Tramway funiculaire de Broadway-Street. — La Compagnie qui exploite la ligne précédente a récemment construit une seconde ligne funiculaire qui dessert la principale rue de New-York, Broadway-Street, depuis le

bas de la ville jusqu'à Central-Park. Cette ligne est à double voie, comme la précédente, et a une longueur de 8.000 mètres divisée en quatre sections qui ont, à partir du bas de la ligne, à South-Ferry, les longueurs approximatives de 400, 3.200, 2.800 et 1.600 mètres.

L'établissement de ce tramway a présenté de grandes difficultés, parce qu'on ne connaissait pas d'une façon suffisamment exacte la position des conduites souterraines d'eau, de gaz, d'air comprimé; il a fallu faire des sondages préliminaires pour reconnaître la position de ces conduites, et faire des travaux coûteux et délicats pour préparer l'emplacement des nouvelles voies à la place des anciennes exploitées avec des chevaux; les travaux ont été gênés par la nécessité de diminuer autant que possible l'intervalle de temps qui s'est écoulé entre les deux exploitations. Enfin, sur une partie de la ligne, le rocher s'est trouvé juste au-dessous du pavé, de telle sorte qu'il a fallu faire un déblai de rocher pour préparer l'emplacement de la conduite des câbles.

Les rails en acier sont du type de fer à T, ont une hauteur de 175 millimètres et pèsent 45 kilogrammes par mètre, tandis que les rails qui forment la rainure centrale ne pèsent que 33 kilogrammes par mètre. Les supports en fonte, distants de $1^{m},37$, pèsent chacun 250 kilogrammes; il sont placés sur des blocs de béton de ciment de Portland, formé d'une partie de ciment pour trois parties de sable et cinq parties de pierres cassées. Le conduit est formé d'une plaque en acier recourbée en forme de V de $4^{mm},5$ d'épaisseur, boulonnée aux supports; autour d'elle se trouve une couche de béton de 150 millimètres d'épaisseur. Le conduit renferme deux câbles distincts, de façon que l'un d'eux serve toujours de réserve en cas d'accident du câble en marche. Le câble, indépendamment des tronçons placés dans les usines, a une longueur totale de 16.800 mètres.

La voie a la largeur ordinaire de 4 pieds 8 pouces 1/2, c'est-à-dire $1^{m},44$.

L'installation d'un double câble dans chaque conduit est exceptionnelle sur les tramways funiculaires des États-Unis, et elle entraîne un surcroît notable de dépenses, puisqu'elle nécessite un double mécanisme en même temps que deux câbles. Elle est censée permettre de reprendre le service avec le câble au repos, mais en place, dès que le câble en service subit une avarie ; mais, en réalité, il n'en est pas toujours ainsi. Nous avons eu l'occasion d'être témoin d'une interruption de service beaucoup plus longue que ne le comportait le passage théorique d'un câble à l'autre. On comprend, en effet, que, par suite du voisinage très rapproché des deux câbles, il y a bien des chances pour qu'une avarie survenue à un câble ait une action sur le voisin et l'empêche de fonctionner immédiatement. L'installation de deux câbles dans un même conduit ne peut donc convenir qu'aux tramways destinés à desservir une circulation particulièrement intensive, pour lesquels on n'a pas à se préoccuper de la dépense de premier établissement.

L'usine centrale d'Uptown est placée vers le milieu du parcours en rive de Broadway-Street, à la rencontre des deux grandes sections du milieu de la ligne.

La station comprend six chaudières de 250 chevaux chacune et deux machines Corliss de 1.000 chevaux chacune.

En bas de la ligne, il y a une autre station de force de quatre machines de 500 chevaux, qui met en mouvement le câble de la boucle finale, sur le petit tronçon de 400 mètres de longueur.

Au droit de l'usine centrale, les câbles qui vont aux voies et en reviennent rompent la continuité du câble placé dans le milieu des voies ; le grip doit lâcher le câble en ce point. Du côté opposé à l'usine, la longueur à fran-

chir est assez faible pour pouvoir être parcourue par les cars, en vertu de leur vitesse acquise; mais, du côté de l'usine, on doit recourir à la traction animale, pour faire passer les cars d'un câble à l'autre; cela paraît plus bizarre, au premier abord, que gênant pour l'exploitation de la ligne.

Les cars s'arrêtent à des emplacements fixes, d'ailleurs très rapprochés; ces emplacements sont désignés par la peinture spéciale des montants qui supportent les lanternes à gaz.

En ne serrant pas en bloc le grip sur le câble, le gripman peut modérer, autant qu'il le veut, la vitesse du car, quand il y a lieu, mais cette manœuvre doit être faite le moins possible, pour éviter l'usure qui résulte du glissement du câble sur le grip.

Les voitures, à banquettes longitudinales et fermées, sont d'un modèle élégant; la manœuvre du grip se fait de la plate-forme d'avant, au moyen d'une roue qui se meut dans un plan horizontal; les voyageurs entrent et descendent par la plate-forme d'arrière.

A son extrémité de South-Ferry, les voitures tournent en boucle autour d'un square, de telle façon qu'on n'a pas de manœuvre d'aiguilles à faire et qu'après l'arrêt ces voitures se trouvent bien placées pour repartir. Cette disposition se rencontre très fréquemment aux États-Unis dans les tramways funiculaires. A défaut de place ou de square, la boucle se fait autour d'un îlot de maisons.

La *Broadway Seventh Avenue Railroad Company* possède un réseau total de 23,37 milles de voies simples, se décomposant en 13 milles exploités par chevaux, et 10 milles par câbles. La dépense totale ne s'est pas élevée, pour l'ensemble du réseau, à moins de 800.000 francs par kilomètre de voie et 1.600.000 francs par kilomètre de ligne.

Tramway funiculaire de la troisième avenue. — Une troisième ligne, de 22 kilomètres de longueur, a été ouverte récemment à la circulation, entre Broadway Street et l'Harlem River, par la troisième avenue, où elle double un chemin de fer aérien. Cette ligne est établie dans des conditions encore plus compliquées que la précédente. Dans la boucle inférieure, on a reconnu l'utilité d'actionner les cars au moyen d'un câble spécial animé d'une vitesse plus faible ; il n'y a pas moins de trois câbles dans la même conduite.

Les dépenses de la *Third avenue Railroad C°* se sont élevées à 13.443.000 dollars, ce qui donne une dépense kilométrique de ligne et de voie d'environ 3 millions et 1 million et demi.

Nous donnons une description détaillée de cette ligne, une des plus récemment établies aux États-Unis, dans le chapitre consacré aux tramways funiculaires.

Comme nous l'avons dit plus haut, New-York est une des villes américaines où la traction électrique est prohibée par la municipalité dans l'intérieur de la Cité. Malgré cela on estime que le nombre des voyageurs augmente deux fois et demie plus que la population.

Brooklyn.

(806.343 habitants.)

Chemins de fer aériens. — Comme New-York, dont elle n'est séparée que par l'East-River et à laquelle elle est reliée par le magnifique pont suspendu à deux travées de 500 mètres chacune, qui est assurément un des plus beaux ouvrages d'art des États-Unis, la ville possède un réseau de chemins de fer aériens. Ce réseau, d'une étendue de 43 kilomètres, a transporté, en 1893, 56.936.000 voyageurs, soit 1.324.000 voyageurs par

kilomètre, a coûté 2.250.000 francs par kilomètre de ligne, et a donné une recette brute kilométrique de 347.000 francs.

Le réseau de Brooklyn est relié au réseau de New-York par le chemin de fer funiculaire établi sur le pont même de Brooklyn; ce chemin de fer, qui n'a que la longueur du pont, ne diffère d'un tramway ordinaire qu'en ce qu'il n'est pas construit sur une chaussée charretière. En outre de ce chemin de fer, le pont de Brooklyn supporte, on le sait, deux chaussées charretières, placées de chaque côté du chemin de fer, et une chaussée pour les piétons.

Tramways électriques et funiculaires. — A l'opposé de New-York, c'est la traction électrique qui est de beaucoup la plus employée à Brooklyn pour les tramways qui ne sont plus traînés par les chevaux.

La principale Compagnie, *Brooklyn City Railroad Company*, possédait, en 1893, 300 kilomètres de voies simples, se décomposant ainsi : 1^k,93 à câble, 200 kilomètres à fils électriques aériens, 24 kilomètres à vapeur et le reste à chevaux.

La partie électrique du réseau est actionnée par deux stations de force, contenant l'une vingt, l'autre quarante chaudières à deux corps Babcock et Wilcox de 250 chevaux chacune. Le charbon est amené par des wagons devant le foyer, et les cendres sont versées également dans des wagonnets, au moyen desquels on les évacue.

Dans la station la plus ancienne de Southern, les machines compound sont normalement de 900 chevaux, mais peuvent développer beaucoup plus, lorsque cela est nécessaire ; ces machines actionnent, au moyen de courroies, des génératrices Thomson-Houston de 500 kilowatts.

Dans la station la plus récente, les chaudières sont établies dans des étages, et le magasin à charbon se trouve

à l'étage supérieur, d'où le charbon descend pour être amené devant chaque foyer. Les machines compound, de 2.000 chevaux chacune, actionnent des génératrices de la Compagnie générale électrique, représentant en totalité une force de 1.500 chevaux.

Après la construction d'une troisième station, destinée à développer le réseau des tramways électriques, la force totale de l'ensemble des trois stations atteindra 20.000 chevaux, dont la moitié sera en service courant, et l'autre moitié servira de réserve.

Quatre autres Compagnies employaient à la fois la traction électrique et animale; et les autres, la traction animale.

L'ensemble du réseau des chemins de fer aériens et des tramways présentait les développements suivants :

	CHEMINS DE FER aériens	TRAMWAYS	TOTAL
	kil.	kil.	kil.
Longueurs de lignes.......	»	»	424
— de voies simples.	89,50	564	653,5

Boston.

(448.477 habitants.)

(Le plan des tramways de Boston est donné par la Pl. 2.)

La principale Compagnie de tramways de Boston est la *West-End-Street Railway Company*, dont le réseau ne comprend pas moins de 242 kilomètres de lignes. C'est actuellement la Compagnie de tramways la plus considérable qu'il y ait au monde.

A la fin de 1893, cette Compagnie exploitait 432 kilo-

mètres de voies simples, se décomposant ainsi :

Voies principales............	240k,70
Secondes voies..............	145 00
Voies de stationnement......	13 00
Voies de remisage...........	32 30

Sur ce réseau, il y avait 293 kilomètres (nombre actuellement bien dépassé) exploités à l'électricité par fils aériens; le reste était desservi par des tramways à chevaux.

Le partage entre ces deux modes de traction s'effectuait dans les conditions suivantes :

	TRACTION ANIMALE	TRACTION ÉLECTRIQUE
Longueurs exploitées.........	31,98 %	68,02 %
Parcours des voitures.........	23,83	76,17
Voyageurs transportés........	19,67	80,33

Du 30 juin 1893 à la même date de 1894, le nombre des voyageurs transportés a été de 133.863.618, ce qui correspond à 550.000 voyageurs par kilomètre, et la recette brute kilométrique a été de 143.800 francs.

Les dépenses d'exploitation se sont élevées à 66,5 % des recettes brutes.

Nous donnerons plus loin, dans le chapitre consacré aux tramways électriques, une description détaillée du réseau de la ville de Boston.

En outre des tramways de Boston, les localités voisines, d'une population de 280.000 habitants, sont desservies par la *Lynn* et *Boston Railroad Company*, dont le réseau comprend 240 kilomètres de voies simples, dont 215 kilomètres sont exploités par l'électricité, le reste par chevaux. Ce réseau présente un intérêt spécial, en ce

sens qu'il correspond à un de nos réseaux de chemins de fer d'intérêt local français; le plan en est donné par la *fig*. 2 de la Pl. 4.

Washington.

(202.978 habitants.)

La capitale des États-Unis, dont le plan a été tracé par un Français, le major Lenfant, du temps de Washington, et depuis lors a été scrupuleusement suivi, est à coup sûr une des plus belles villes d'Amérique; les rues en sont spécialement vastes et bien entretenues. C'est également une des villes qui possèdent un des réseaux de tramways les plus complets et les plus variés comme mode de traction.

La ville et sa banlieue sont desservies par onze compagnies de tramways, qui exploitent environ 230 kilomètres de voies simples.

La principale Compagnie, *Washington and Georgstown*, a transformé, il y a quelques années, son réseau de $35^{k},40$ de voies simples en tramways funiculaires. L'exploitation se fait au moyen de trois câbles de 7.015, 10.675 et 8.390 mètres de longueur, mis en mouvement par deux usines centrales, ayant chacune deux machines, dont une seule est en marche.

Une des usines est tout récemment établie; chacune des machines qui y sont installées a 750 chevaux et peut développer 1.000 chevaux. Les chaudières Babcock et Wilcox ont chacune 185 chevaux de force.

La vitesse du câble est de $14^{k},50$ à l'heure, sauf dans un embranchement de 1.150 mètres qui longe le Capitole. Sur cet embranchement, emprunté à la fois par les tramways funiculaires et par des tramways à traction animale, la vitesse du câble n'est que de 10 kilomètres.

Cet embranchement est actionné par un câble auxiliaire mis en mouvement par un des câbles principaux, au moyen de roues d'engrenages et de mécanismes placés dans une vaste chambre construite sous la chaussée. Nous donnerons plus loin des renseignements plus détaillés sur ces mécanismes de relai.

La Compagnie de *Washington and Georgstouwn* fait un service très régulier et fonctionne parfaitement. Elle présente cette particularité que l'usine centrale la plus récente, construite au milieu de la ville et en bordure d'une des artères principales, a été établie avec un soin architectural tout particulier et avec des dimensions considérables, de façon à louer à diverses industries un grand nombre de locaux à divers étages avec la force nécessaire à ces industries.

La dépense du réseau funiculaire de la Compagnie s'est élevée à 580.000 francs par kilomètre de voie.

Une seconde Compagnie, la *Colombia Railway Company* de 9k,7 de développement est exploitée par câble.

Trois Compagnies exploitent leur réseau par chevaux.

La *Compagnie Rock Breck Railroad*, de 24k,2 de développement, est exploitée dans la partie urbaine par fil électrique souterrain et, dans la partie suburbaine, la plus étendue, par fil aérien; c'est la Compagnie dont nous avons parlé plus haut.

Quatre autres Compagnies exploitent leur réseau au moyen de conducteurs aériens, et une Compagnie a une exploitation mixte par traction animale et à l'électricité.

Nous donnons comme annexes les dépenses de construction et les résultats d'exploitation de la plupart de ces Compagnies.

Philadelphie.

(1.046.964 habitants.)

La ville possède quatre Compagnies de tramways, qui exploitent 642 kilomètres de voies.

La principale Compagnie, *Philadelphia Traction*, a 258 kilomètres de voies à traction électrique et 55 kilomètres à traction funiculaire. La Compagnie possède trois usines pour cette dernière traction. L'une d'elles dessert une des rues principales et met en mouvement deux sections de câbles de 7.320 et 4.800 mètres de longueur, à des vitesses de $11^k,3$ et $14^k,5$. L'usine comprend six chaudières de 150 chevaux, dont quatre en service, et deux machines de 900 et 350 chevaux. La force employée pour faire marcher les câbles à vide est de 226 chevaux ; avec les voitures la force de 675 chevaux, en moyenne, pendant la semaine, atteint 800 chevaux au maximum ; le dimanche, elle se réduit de moitié. Chaque voiture emploie 4 à 5 chevaux de force.

Les câbles ont une durée de deux à six mois et s'allongent de 75 mètres à la fin de leur service.

La partie électrique du réseau est actionnée par trois usines, auxquelles on a adjoint récemment une quatrième station. L'une des premières stations a trois machines Corliss de 250 chevaux, et deux machines Compound à condensation de 750 chevaux, soit en tout 2.250 chevaux. La nouvelle station est de 2.250 chevaux également.

La seconde Compagnie en importance, *Electric Traction*, qui exploite 208 kilomètres, transforme sa traction animale en traction électrique. Elle possède une station où sont établies quatre machines Compound à condensation de 1.200 chevaux chacune et une machine de 350 chevaux ; en tout, plus de 5.000 chevaux.

Le *People's Traction* exploite 79 kilomètres et a une station de 3.000 chevaux pour traction électrique.

Une quatrième Compagnie, *Hestouville*, *Mantua et Fairmount*, établit une station de 2.000 chevaux pour la transformation de la traction animale en traction électrique sur son réseau de 30 kilomètres de développement.

Si on met à part la partie funiculaire de son réseau, on voit par là que Philadelphie est une des villes qui transforment le plus rapidement les tramways à chevaux en tramways électriques.

Chicago.

(1.099.850 habitants.)

(Le plan des tramways de Chicago est donné par la Pl. 3.)

La ville, qui a dépassé depuis quelque temps Philadelphie en population et est maintenant la plus peuplée des États-Unis, après New-York, possède un réseau de chemins de fer aériens de 106 kilomètres de voies, de 138 kilomètres de tramways funiculaires, de 406 kilomètres de tramways à chevaux et de 380 kilomètres de tramways électriques dans les quartiers excentriques de la ville.

Le réseau des tramways funiculaires est réparti entre trois Compagnies : la *Chicago City Railway Company* qui s'étend sur la partie sud de la ville et exploite deux des plus importantes artères, State Street et Wabash Avenue ; les *North* et *West Chicago-Street Railroad Company* qui s'étendent au nord et à l'ouest ; ces Compagnies possèdent respectivement 56, 55 et 27 kilomètres de voies.

Contrairement à ce qui a lieu à San-Francisco, les tramways funiculaires sont établis dans des rues sensiblement horizontales et ont, par contre, de nombreuses courbes à franchir.

Chemins de fer aériens. — La longueur de 106 kilo-

mètres mentionnée ci-dessus se partage entre trois Compagnies, qui exploitent 30, 23 et 53 kilomètres de voies. Les deux premiers chemins sont exploités par traction à vapeur, et le troisième, sur lequel nous reviendrons dans un des chapitres suivants avec plus de détails, est exploité par fil électrique aérien.

La première ligne a coûté près de 8 millions par kilomètre de ligne ; elle a transporté, en 1894, 1 million de voyageurs et a donné une recette brute d'environ 300.000 francs par kilomètre de ligne.

Le côté intéressant et particulier des tramways de Chicago consiste dans la traction funiculaire des principales lignes des trois Compagnies les plus importantes de cette ville ; nous ne nous occuperons que de cette traction à propos de ces Compagnies, et nous nous contenterons, en ce qui concerne la traction électrique, de donner quelques détails sur une Compagnie de tramways électriques des environs de la ville que nous avons eu l'occasion de visiter.

Chicago City Railway Company. — C'est la ligne de State-Street qui a été transformée la première en tramway funiculaire ; elle a été livrée à l'exploitation en 1882.

Pour éviter l'aiguillage des voitures d'un des câbles sur l'autre, à l'extrémité nord, où la circulation est très active et où convergent également les tramways des deux autres Compagnies, on a installé à cette extrémité une boucle de raccordement avec câble auxiliaire actionné par le câble principal à une vitesse moitié moindre ; cette boucle fait le tour d'un îlot de maisons. La voiture arrivée à l'extrémité de la voie n'a qu'à s'accrocher à ce câble pour être amenée sur la boucle et en faire le tour, pour repartir dans le sens opposé. Les deux câbles de la ligne ne se séparent qu'en un point, au passage de la station centrale, que les voitures franchissent par vitesse acquise.

Les voitures qui desservent la seconde ligne de Wabash

et de Cottage-Grove aboutissent à la même boucle, où elles sont actionnées par un second câble séparé du premier par des galets-guides.

L'introduction du câble dans le grip s'opère, au commencement du parcours, au moyen d'une poulie qui élève le câble jusqu'à $0^{m},175$ environ au-dessous du niveau de la chaussée.

Le câble est supporté, dans un tube en béton, par des poulies en fonte à gorges garnies de bois, espacées de $9^{m},75$ en moyenne; les rails reposent sur des longrines en bois supportées et maintenues à leur écartement par des traverses recourbées, espacées de $0^{m},90$ et enfoncées dans le béton du tube. Dans les courbes, des fers d'angle servent de guide pour le grip, et, pour le câble, le même but est réalisé par des tambours verticaux espacés de $2^{m},40$ dans les courbes de 12 à 18 mètres, le diamètre de ces tambours étant de $0^{m},35$ en haut et de $0^{m},45$ en bas.

La voie est très solidement établie, et les rails pèsent 42 kilogrammes.

Tous les 90 mètres, le tube est drainé par des puisards d'égout.

Le câble, de 30 millimètres de diamètre, est formé de 6 torons, composés de 19 fils de fer et d'une âme en chanvre; sa résistance à la rupture est de 25 tonnes; son poids est de $3^{k},35$, et son prix de $1^{f},96$ par mètre courant.

La tension des câbles est continuellement maintenue par un chariot relié à un contrepoids du poids de 2 tonnes; les chariots oscillent pendant la marche des tramways avec une amplitude de $0^{m},40$ à $0^{m},50$.

Les tambours d'entraînement des câbles ont $3^{m},60$ de diamètre.

On emploie sur cette Compagnie, comme sur les deux autres, des tambours à jantes différentielles Walker, sur lesquelles nous donnerons des explications spéciales dans le chapitre consacré aux tramways funiculaires. Ces jantes

différentielles sont destinées à supprimer le glissement des brins du câble sur le tambour et à uniformiser la tension de ces brins. Les Compagnies de tramways se louent de l'emploi des tambours Walker.

Les machines fixes, du type Corliss à condensateur, ont des cylindres de $0^{m},609$ de diamètre et de $1^{m},22$ de course ; elles marchent à 64 tours par minute et à une pression de 4 atmosphères. La puissance développée correspond à un travail maximum de 5 chevaux par train composé d'un remorqueur à grip et de deux voitures.

Le réseau de la Compagnie du Sud est actionné par trois stations de force. La principale de ces stations est placée à l'angle de la vingtième rue et de State-Street et met en mouvement les sections de State-Street et de Wabash Avenue. Elle possède six machines de la force totale de 4.400 chevaux. La seconde station se trouve établie à la cinquante-deuxième rue ; sa force est de 1.000 chevaux. Enfin, une troisième station est construite sur Cottage Avenue et possède deux machines de 1.500 chevaux chacune. La force totale des machines est ainsi de 8.400 chevaux.

La force des chaudières n'est que de 5.600 chevaux. On estime, en effet, que, pour le réseau, il faut doubler la force des machines en service, tandis qu'une augmentation de 1/3 est suffisante pour les chaudières. Les chaudières marchent au charbon.

Pendant la durée de l'Exposition, on a fait marcher 120 trains à l'heure dans les deux sens, sans que cette marche ait paru anormale. Le nombre des voyageurs pouvant atteindre 150 dans chaque train et les trains se succédant à une minute d'intervalle, les lignes de tramways établies dans de pareilles conditions sont évidemment capables de desservir une circulation d'une intensité exceptionnelle.

La vitesse des câbles principaux varie de 13 à 20 kilo-

mètres par heure, mais elle est réduite de moitié sur quelques voies très fréquentées, ainsi que dans des courbes très raides; l'expérience a montré toutefois que les câbles peuvent franchir en toute sécurité des courbes de 10 à 12 mètres de rayon avec une vitesse de 14 kilomètres à l'heure.

Le conducteur dispose d'un frein continu manœuvré par le même levier que le grip, qui lui permet d'arrêter la voiture en 2 ou 3 mètres. Pour graduer à volonté la vitesse de la voiture il n'a d'ailleurs qu'à serrer plus ou moins le grip. On doit d'ailleurs éviter, autant que possible, de faire marcher la voiture à une vitesse inférieure à celle du câble, pour éviter l'usure très rapide du câble.

La Compagnie exploitant une partie de son réseau par chevaux et par électricité, nous ne connaissons que la dépense moyenne de construction, qui a été d'environ 260.000 francs par kilomètre de voie simple.

En 1894, les dépenses d'exploitation, par kilomètre-voiture, sont revenues en moyenne à $0^{f},435$. Nous indiquerons, dans le dernier chapitre de cette étude, comment elles ont varié pour les divers modes de traction.

West and North Chicago-Street Railroad C°. — La première Compagnie exploite un réseau de voies simples d'environ 260 kilomètres de tramways à chevaux et 50 kilomètres de tramways funiculaires; la seconde, un réseau de 100 kilomètres de tramways à chevaux et de 24 kilomètres de tramways funiculaires.

Chacune des Compagnies possède quatre lignes.

La vitesse des câbles, dans les quartiers du centre de la ville, est de $10^{k},53$ à l'heure et, dans les quartiers moins fréquentés, de 16 à 24 kilomètres. Les voitures s'arrêtent à chaque angle de rue, c'est-à-dire tous les 90 à 100 mètres.

Les trains se composent de 3, et exceptionnellement de 4 voitures. Celle de tête porte le grip, a 12 mètres

de longueur sur 2^{m},50 de largeur et contient 32 personnes assises. Les autres voitures, en été, ont des banquettes transversales et contiennent 90 personnes; les voitures d'hiver sont fermées, ont des banquettes longitudinales, et sont chauffées par de petits poêles au charbon.

De 2 heures à 8 heures du matin, les trains se succèdent toutes les 2 minutes ; de 8 heures à 5 heures, toutes les 5 minutes ; de 5 heures à 8 heures du soir, toutes les minutes ; de 8 heures à 1 heure du matin, toutes les 5 minutes. Le service est le même en été et en hiver.

Sur les lignes exploitées à chevaux, le service est fait au moyen de voitures d'un seul type, chauffées en hiver, à banquettes longitudinales. Les voitures se suivent de 6 à 10 minutes, selon les quartiers et les heures ; comme les chaussées sont généralement mauvaises, elles marchent assez lentement.

Le prix de transport est uniformément de 5 cents, soit environ 0^{f},25 sur les tramways à câbles et à chevaux.

En 1892, la Compagnie de l'Ouest a transporté 92 millions de voyageurs, à peu près dans la proportion de 3/4 pour les câbles et de 1/4 pour les chevaux, ce qui représente, pour la traction funiculaire, une recette d'environ 370.000 francs par kilomètre de voies simples.

La force mécanique nécessaire à la traction des voitures de la *West City Company* est produite dans trois stations, qui contiennent huit machines. La force moyenne des machines, pendant la journée, est de 6 à 700 chevaux, et atteint, le matin et le soir, 1.000 à 1.100 chevaux.

Il convient de remarquer que la boucle de Washington-Street absorbe à elle seule une force de 1.200 chevaux.

La force nominale des stations de ce réseau, comme des deux autres, correspond à environ 12 chevaux par voiture en service ; sur ce réseau, la force réellement développée par voiture atteint 7 chevaux, alors qu'elle n'est que de 5 chevaux sur la partie sud de la ville.

à cause du surcroît de force nécessité par les boucles et les tunnels.

La *North City Company* a également trois stations de force.

Dans cette Compagnie, comme dans la précédente, les chaudières sont chauffées au pétrole.

Les rails fendus du milieu pèsent ensemble 64 kilogrammes par mètre courant ; chacun des rails latéraux, 38 kilogrammes. En acier, ils coûtent 210 à 260 francs la tonne. Les traverses en fonte, espacées de $1^m,35$, sont payées à raison de 160 à 190 francs la tonne.

Le câble pèse $4^k,45$ et coûte $1^f,50$ par mètre courant.

Tout compris, mais le câble excepté, les voies simples ont coûté 260.000 francs par kilomètre.

Comme terme de comparaison avec nos tramways français, les ouvriers et les conducteurs se payent, à Chicago, $1^f,25$ l'heure, les gripmen $1^f,40$ à $1^f,45$, les mécaniciens 14 à 15 francs par jour. Le ciment se paye 35 francs les 100 kilogrammes, et les briques 40 francs le mille.

Bien que la Compagnie de l'Ouest n'ait été fondée qu'en 1889, le dividende donné aux actionnaires en 1891 a été de 12 $^0/_0$, ce qui prouve l'état prospère de la Compagnie. En 1893, cette Compagnie construisait encore plusieurs usines centrales funiculaires.

Pour éviter les changements de voies et les aiguillages, les tramways du Nord et de l'Ouest sont terminés, comme ceux du Sud, par des boucles à leur extrémité du milieu de la ville.

L'excellent fonctionnement des tramways funiculaires de Chicago est particulièrement intéressant ; en effet, ces tramways présentent un grand nombre de courbes de faible rayon ; il y a beaucoup de neige en hiver à Chicago, et les variations de température y sont considérables. La température y varie entre 22 à 37 degrés centigrades en été et — 29 à — 35 degrés en hiver.

Les dépenses moyennes de construction pour les deux réseaux de ces Compagnies se sont élevées à environ 467 et 505.000 francs par kilomètre de simple voie.

Les prix de revient moyens du kilomètre-voiture, pour les divers modes de traction employés, ont été, pour 1894, de $0^{f},518$ et 0,493. Nous reviendrons également dans le dernier chapitre sur les prix applicables à chacun des modes de traction.

North-Shore electric Company. — Si la traction électrique est prohibée à Chicago, comme à New-York, dans le centre de la ville, il n'en est pas de même dans les quartiers excentriques et dans les environs de la ville.

C'est ainsi qu'à l'extrémité du tramway funiculaire du Nord nous avons eu l'occasion de visiter une ligne de tramway électrique nouvellement installée par la Compagnie Thomson-Houston.

La longueur de la ligne est de $15^{k},3$, avec une largeur de voie de $1^{m},54$. Les rails pèsent 45 kilogrammes par mètre, sont en acier, et ont été payés 210 francs la tonne.

La traction est effectuée par une machine de 900 chevaux, et 2 dynamos de 450 chevaux chacune. La tension est de 525 volts aux dynamos, 500 volts sur le fil aérien de 8 millimètres. En service courant, la force est de 250 chevaux pour 10 voitures motrices et 10 voitures ordinaires, ce qui correspond à environ 12 chevaux par voiture. La vitesse de marche est de 20 à 32 kilomètres à l'heure.

Les voitures d'été contiennent 50 voyageurs assis et 60 debout, et celles d'hiver 20 à 24 assis et 50 à 55 debout. Les premières voitures ont coûté 3.500 francs chacune, et les secondes 5.200 francs.

La ligne a coûté 457.000 dollars, se décomposant ainsi : voie 180.000 ; pavage en bois coupé debout, sur béton, 50.000 ; fil électrique et poteaux, 52.000 ; dynamos, 35.000 ;

machines et chaudières, 25.000; bâtiments prévus pour une extension de ligne, 45.000; voitures, 70.000. Cette dépense correspond à 250.000 francs par kilomètre de voie.

La dépense des autres lignes électriques de Chicago a été en moyenne d'environ 180.000 francs par kilomètre de voie.

Saint-Louis.

(451.770 habitants.)

(Le plan des tramways de Saint-Louis est donné par la fig. 1 de la Pl. 4.)

Cette ville possède environ 90 kilomètres de voies simples à traction funiculaire, répartis entre plusieurs Compagnies; un réseau de 332 kilomètres de tramways électriques; 46 kilomètres de tramways mixtes ou à chevaux; en tout, 468 kilomètres.

Nous nous bornerons à donner quelques renseignements sur la partie funiculaire du réseau.

Saint-Louis ***R. R. C°.*** — Cette Compagnie, établie en 1890, a une concession de quarante ans et exploite $24^k,100$ de simples voies, de $1^m,45$ de largeur.

La station comprend 4 chaudières, dont 2 en marche; les machines à condensation, du type Corliss, marchent à une pression de $4^k,7$ à $5^k,5$ par centimètre carré.

La force dépensée varie de 400 à 900 chevaux.

La vitesse est de 16 kilomètres pour deux câbles et de 19 kilomètres pour les deux autres. Les trains sont espacés de une à cinq minutes, et formés de deux voitures, l'une qui porte le grip, et l'autre ouverte ou fermée, suivant la saison. La force employée représente à peu près 9 chevaux par train. Le matériel roulant comprend 80 voi-

tures à grip, 80 voitures d'été et autant d'hiver. Le service commence à 5 heures et finit à minuit.

Le câble a un diamètre de 31 millimètres, se compose de 6 torons formés de 19 fils chacun. Il pèse $3^k,75$ et coûte $1^f,44$ par mètre. Sa durée varie dans de grandes proportions de 90 à 360 jours.

Quand un accident survient au câble, il faut de trois quarts d'heure à trois heures pour le réparer et reprendre la circulation.

En 1892, la Compagnie a transporté 12 millions de voyageurs, ce qui correspond à 500.000 voyageurs par kilomètre.

Citizens R. R. C°. — Cette Compagnie exploite $16^k,100$ de simples voies à traction funiculaire au moyen de 55 voitures à grip, 60 voitures fermées et autant d'ouvertes, qui se succèdent de 1 minute à 3 minutes d'intervalle.

Les machines Corliss représentent 2.500 chevaux; à ces machines correspondent neuf chaudières marchant à $7^k,5$ par centimètre carré. En service courant, on se sert d'une machine et de quatre chaudières.

Le nombre des voyageurs transportés est de 8 millions, correspondant également à 500.000 voyageurs par kilomètre.

Ces deux Compagnies ont fusionné récemment sous le nom de *National Railway C°.* — En 1894, le coefficient d'exploitation a été de 57 0/0. Les dépenses d'exploitation ont été de $0^f,23$ par kilomètre-voiture pour la traction funiculaire, et de $0^f,26$ pour la traction électrique et animale.

Missouri Ràilway C°. — La longueur exploitée est de $5^k,625$ de ligne funiculaire à double voie et, par conséquent, de $11^k,250$ de voies simples; la largeur de la voie

est de $1^m,47$. L'exploitation se fait au moyen de 36 voitures à grip, 65 voitures ordinaires d'été et 79 d'hiver, entre $5^h,30$ du matin et minuit et demi. L'espacement des voitures est de deux minutes et demie, trois et cinq minutes. La vitesse de marche varie de $15^k,40$ à 17 kilomètres à l'heure.

Les câbles, fabriqués à Saint-Louis, ont 32 millimètres de diamètre, se composent de 6 torons de 19 fils chacun; ils pèsent $3^k,72$ et coûtent $1^f,44$ par mètre; leur durée varie de 163 à 228 jours. En cas d'accident des câbles, on compte de une demi-heure à 2 heures pour la reprise du service. L'allongement des câbles à la fin du service est de 56 à 75 millimètres par mètre; on considère que le danger de rupture commence lorsque les câbles cessent de s'allonger.

La longueur totale de la ligne est formée par deux câbles, dont l'un, celui de l'ouest, de $7^k,716$ de longueur, est en ligne droite et dure en moyenne 400 jours, et dont l'autre, celui de l'est, de 7.260 mètres, présente plusieurs courbes et ne dure en moyenne que 180 jours. Le rapport des longueurs des câbles et des voies simples est de 1 à 0,75.

La station centrale, construite en 1888, contient six chaudières, dont quatre en service. Elles marchent à 9 kilogrammes de pression et brûlent du charbon au prix de $9^f,25$ la tonne.

Les machines Corliss, sans condensation, et à échappement direct, sont au nombre de deux, de 500 chevaux chacune; une seule marche à la fois, sauf les jours de fête. La force développée varie de 65 à 350 chevaux.

La dépense de premier établissement a été de 270.000 francs par kilomètre.

Le nombre des voyageurs transportés est de 8.900.000 par an, ce qui correspond à 790.000 voyageurs par kilomètre.

En outre de cette ligne à câble, la Compagnie exploite un réseau électrique.

People's R. R. Company. — Cette Compagnie exploite, depuis 1889, une ligne funiculaire de 16 kilomètres à double voie.

Les câbles, fabriqués à Saint-Louis, ont le même diamètre que sur les autres Compagnies ; ils durent 210 à 270 jours ; à la fin du service, ils sont allongés de 15 millimètres par mètre.

La station contient deux machines de 500 chevaux, dont une seule en marche à la fois, développant de 300 à 400 chevaux : 350 chevaux de 7 heures à 8 heures et demie ; 300 chevaux de 8 heures et demie à 5 heures ; et 400 chevaux de 5 à 7 heures. Le service dure de 5h,10 à minuit trois quarts.

Les chaudières marchent à 8 kilogrammes de pression et consomment par jour 11 tonnes de charbon.

La dépense de premier établissement a été de 400.000 francs par kilomètre de simple voie.

Le nombre de voyageurs transportés au tarif de 5 cents a été de 5 millions par an, soit 155.000 voyageurs par kilomètre de simple voie.

Saint-Paul et Minneapolis.

(133.156 et 164.738 habitants.)

Ces deux villes, situées de chaque côté du haut Mississipi, sont à 16 kilomètres de distance. En dehors des chemins de fer qui les relient, les communications entre elles deux sont assurées, depuis 1889, par un tramway électrique à fil aérien, dont les voitures se succèdent toutes les cinq minutes et marchent avec une vitesse de 25 à 32 kilomètres à l'heure. Ce mode de communication est très commode et très employé.

A part une petite ligne électrique de $7^k,5$ de la banlieue de Saint-Paul, toutes les lignes de tramways des deux villes et celle qui les unit appartiennent à la même Compagnie, le *Twin City rapid Transit Company*. Cette Compagnie exploite, depuis 1889, 370 kilomètres de voies, dont 360 kilomètres à fil électrique aérien et 10 kilomètres à câbles. Il n'y a plus de tramways à chevaux.

La durée de la concession est de cinquante ans.

La Compagnie possède de grandes voitures, de $2^m,40$ de largeur et de 12 mètres de longueur, qui contiennent 52 places assises et 100 debout. La vitesse dans l'intérieur des villes est de 13 kilomètres à l'heure, et les voitures se succèdent de 5 à 10 ou 12 minutes. Le matin et dans le milieu de la journée, on met deux voitures ensemble; la proportion des trains à deux voitures est de 70 %. Entre Saint-Paul et Minneapolis, comme les départs se succèdent à 5 minutes d'intervalle, on n'accouple jamais deux voitures ensemble. Le prix des places est de 5 cents dans les villes et de 10 cents entre les villes ; on peut faire, sur certains parcours, 29 kilomètres pour 5 cents.

La Compagnie accuse une moyenne de deux personnes tuées et six personnes blessées par mois, mais aucun accident ne serait causé par les fils électriques. La Compagnie était autrefois assurée à une Compagnie d'assurances pour les accidents, mais on n'a pas été satisfait de ce système, et maintenant la Compagnie règle elle-même les indemnités relatives aux accidents ; elle a un avocat spécialement attaché à ce service, et la plupart des règlements se font devant les tribunaux. Les accidents représentent une dépense de 400.000 francs par an.

La Compagnie possède, pour ses lignes électriques, trois stations de force, de 3.000 chevaux chacune, une à Saint-Paul et deux à Minneapolis. En service courant, on n'emploie à peu près que 40 % de cette force nominale.

A Minneapolis, les chaudières marchent soit au charbon, soit à l'huile ; dans la station de Saint-Paul, comme dans toutes les usines de cette ville les chaudières sont à l'huile, qui coûte 0f,03 le litre.

Dans la station centrale de Minneapolis, il y a deux machines à triple expansion et à condensation, de 1.200 chevaux chacune et une machine de 300 chevaux. Les dynamos Edison sont de 1.075 kilowats. Les chaudières sont fabriquées par la maison Babcock et Wilcox.

Dans la deuxième station de Minneapolis, il y a cinq machines Westinghouse, à double expansion, de 275 chevaux chacune, faisant 250 tours par minute. Ces machines passent pour donner un rendement moins avantageux que les machines de la première station, mais le fractionnement de la force qu'elles permettent de réaliser rend leur emploi économique. Cette station contient neuf moteurs Thomson-Houston de 2.060 kilowats.

Pour les grandes voitures, on emploie généralement 30 chevaux par voiture ; la force peut aller jusqu'à 50 chevaux sur les rampes de 4 à 6 %. Les petites voitures consomment 1/3 de force en moins.

La Compagnie avait autrefois 6k,500 de ligne à câbles à Minneapolis, mais elle a trouvé avantage à y substituer la traction électrique ; d'après elle, l'économie serait de 30 à 40 %, ce qui s'expliquerait facilement par le peu de développement de la ligne à câbles et par l'économie réalisée par l'unification du mode de traction employé.

Les deux lignes à câbles de Saint-Paul ont chacune à peu près 4 kilomètres et sont actionnées chacune par une station de 750 chevaux.

Une des lignes allait être changée, en 1893, en ligne à traction électrique, tandis que sur l'autre, où il y a des rampes atteignant 18 %, la traction funiculaire devait être conservée. D'après la Compagnie de tramways, on

peut aller jusqu'à 8 % par la traction électrique ; au delà, il faut avoir recours à la traction funiculaire.

D'après la Compagnie, la dépense d'exploitation varie entre 50 et 55 % des recettes brutes, non compris l'intérêt du capital engagé, les dépenses d'accidents et les charges municipales. Nous avons dit que les dépenses d'accidents étaient d'environ 400.000 francs par an ; les charges municipales, qui portent sur les voitures, les terrains et les bâtiments, sont évaluées à 180.000 francs.

Les recettes brutes varient de 10 à 13 millions par an.

Les dépenses de premier établissement ont été de 104 millions, pour l'ensemble des lignes télégraphiques et à câbles.

D'après la Compagnie, il faudrait compter, en ce qui concerne les lignes électriques, une dépense de 20.000 francs pour la voie, 32.000 francs pour les poteaux et les fils électriques, 38.000 francs pour les voitures électriques, les dynamos et les moteurs électriques.

Le nombre des voyageurs transportés par an par la Compagnie est de 55 à 60 millions.

Kansas-City.

(132.716 habitants.)

Cette ville, construite sur un terrain très accidenté, possède un réseau de tramways très développé, notamment en ce qui concerne la traction funiculaire.

Les 237 kilomètres de voies simples de tramways se décomposent comme il suit : 111 kilomètres de tramways funiculaires, 73 kilomètres de tramways électriques, 32 kilomètres de tramways à vapeur, et 21 kilomètres de tramways à chevaux.

Kansas-City possède, en outre, deux chemins de fer aériens : l'un, de 32 kilomètres à traction électrique ; et l'autre, de 6 kilomètres, à traction à vapeur.

La longueur des câbles pour six lignes est de $40^k,7$ correspondant à 17 kilomètres de lignes à double voie et 34 kilomètres de voie simple.

L'exploitation se faisait, en 1893, au moyen de 97 voitures dont la vitesse variait de $11^k,750$ à $15^k,600$ à l'heure.

Par suite des déclivités très fortes et des courbes à faible rayon que présente le réseau, les dépenses de premier établissement ont été assez élevées et ont atteint 380.000 francs par kilomètre de voie simple. Le nombre des voyageurs transportés n'était par contre que de 5.320.000 en 1893, soit 127.000 voyageurs par kilomètre.

Malgré ces circonstances désavantageuses, le coefficient d'exploitation a été seulement de 67 °/₀, et le bénéfice net satisfaisant.

La force développée représentait seulement 2,72 chevaux par voiture en circulation.

Dans le chapitre consacré à la traction funiculaire nous donnerons des renseignements détaillés sur les dépenses de construction, d'exploitation de ce réseau, ainsi que sur des expériences très intéressantes faites sur la traction funiculaire en vue de déterminer comment la force développée se répartit entre les résistances de la machine motrice, de la mise en marche du câble à vide, et l'effort à faire pour actionner les voitures en circulation. Ces renseignements présentent d'autant plus d'intérêt que Kansas-City est une des villes où la traction funiculaire est de date la plus récente.

Portland et Oregon-City.

(49.447 habitants.)

Ces deux villes sont situées sur le bord de la Willamette-River, à une faible distance du fleuve Colombia, qui

prend sa source dans le Canada et se jette dans le Pacifique au süd de Vaucouver. La ville de Portland est reliée à Oregon-City, située également sur la Willamette, et dont elle n'est séparée que de quelques kilomètres par un tramway électrique à fil aérien. Elle est desservie par une Compagnie de tramways funiculaires et par trois Compagnies de tramways électriques.

Portland-Cable-Railway Company. — Cette Compagnie, qui date de 1887, est exploitée par une station centrale qui met en mouvement trois câbles de 4^k,060, 6^k,750 et 2^k,320. Une des sections présente une déclivité de 21 °/₀.

La station centrale renferme quatre chaudières, chauffées au bois, dont deux seulement sont en service journalier, et deux machines de 350 chevaux chacune à 5 kilogrammes de pression, dont une seule marche à la fois.

Le service dure de 6 heures du matin à minuit; la vitesse des voitures est de 13^k,700 à l'heure, et les départs se succèdent toutes les 5 minutes.

La dépense de premier établissement a été de 258.000 francs le kilomètre, non compris le câble; elle comprend les machines pour 52.000 francs chacune, les chaudières à raison de 2.600 francs par chaudière, et les bâtiments pour 31.000 francs.

East Side Electric Road. — Cette Compagnie exploite une ligne électrique de 14^k,500 à double voie et une seconde ligne de 13 kilomètres.

La station centrale comprend deux machines de 450 chevaux, à échappement direct, marchant à 76 tours par minute et à 6^k,3 de pression. La force habituellement développée varie de 135 à 350 chevaux.

Les dynamos Edison donnent un courant de 500 volts aux dynamos, de 375 à 450 volts aux voitures.

Les chaudières sont chauffées au bois.

City and Suburban electric Tramway Company. — Cette Compagnie exploite neuf lignes qui présentent un développement total de 72k,500, dont un tiers à double voie.

L'installation comprend une machine à échappement direct, de 575 chevaux, marchant à 76 tours, deux machines de 100 chevaux chacune, marchant à 155 tours, et une machine de 150 chevaux, marchant à 210 tours. La pression est de 7 kilogrammes par centimètre carré.

Les dynamos sont au nombre de cinq : deux dynamos Edison de 80 chevaux chacune, deux dynamos Thomson-Houston de 90 chevaux chacune, et une dynamo Thomson-Houston de 650 chevaux. L'intensité du courant est de 550 volts aux générateurs.

Colombia-Street Railway Company. — Cette Compagnie exploite trois lignes présentant un développement de 56 kilomètres, dont la moitié est à double voie. Une de ces lignes, de 24 kilomètres, est la ligne de Portland à Oregon-City, qui est actionnée par une force hydraulique établie sur une chute d'eau naturelle de la Willamette, à Oregon-City même.

La chute de la Willamette est en moyenne de 14 mètres, et la force disponible est de 36.000 chevaux.

En 1893, il y avait déjà huit turbines d'installées : deux de 750 chevaux, sept de 309 chevaux, représentant une force totale de 3.500 chevaux.

On créait à ce moment une énorme usine hydraulique destinée surtout à l'éclairage électrique. Les fondations étaient faites en prévision d'une force de 12.000 chevaux; les bâtiments et les turbines, d'une force de 800 chevaux chacune, en prévision d'une force de 6.000 chevaux, les dynamos n'ayant pour commencer qu'une force de 3.000 chevaux. On comptait que la dépense serait de 2.350.000 francs, ce qui correspondait, au début de

l'exploitation, à 780 francs par cheval. La dépense totale de l'installation complète était évaluée à 6.240.000 francs, soit 520 francs seulement par cheval.

Le courant destiné à l'éclairage avait une intensité de 5.000 volts; mais cette intensité était ramenée à 500 volts pour la partie de courant employée à la traction électrique.

Front Street-Railway. — Depuis deux ans, on a installé à Portland une ligne électrique qui présente une disposition très ingénieuse, établie sous la direction de l'inventeur, M. J.-P.-A. Kuhlman.

Cette disposition permet aux voitures de gravir une rampe de 12 à 14 % sur une longueur de 150 mètres. Le principe consiste à employer un contrepoids roulant dans une conduite souterraine et relié à un câble sans fin se mouvant sur des poulies. Lorsque le contrepoids est en haut de la côte, une voiture montante saisit le câble au moyen d'un grip et est assistée dans sa montée par la descente du poids, de telle sorte que le courant électrique est ainsi suffisant à faire monter la voiture. La voiture suivante, descendant le câble, le saisit en haut de la montée et remonte le poids. La seule sujétion du système est que les voitures montantes et descendantes doivent se succéder régulièrement.

Une installation du même genre, à Seattle, permet de remonter des rampes de 11 à 16 % sur une longueur de 160 mètres.

A Providence, des voitures pesant 6,5 tonnes à vide gravissent des rampes de 7,5 à 15 % sur 215 mètres. Le contrepoids est formé de deux blocs de fer de 5,5 tonnes montés sur des roues de 25 centimètres de diamètre qui roulent sur des rails. Le caniveau dans lequel le câble et les contrepoids se meuvent a $0^m,36$ de hauteur sur 0,96 de largeur.

Il est évident que ce n'est que lorsque, sur une ligne, on a une forte rampe de faible longueur à franchir que le système est avantageux. S'il en était autrement, les frottements et la marche du câble demanderaient plus de force que ne pourraient lui en communiquer les moteurs électriques des voitures et le contrepoids du câble.

Los-Angeles.

(50.395 habitants.)

Cette ville est desservie par un réseau de 43 kilomètres de tramways funiculaires. Ce réseau présente un profil accidenté et des déclivités assez fortes atteignant $0^m,11$, avec quelques courbes dont le plus petit rayon est de $9^m,15$. La ligne est à double voie dans la partie la plus fréquentée et à simple voie dans le reste.

Les fermes de la voie, en fonte, sont espacées de $1^m,22$ d'axe en axe et pèsent 94 kilogrammes. Une pression de 1.360 kilogrammes appliquée au patin qui supporte les rails produit une réduction de la rainure de 3 millimètres environ ; le cadre ne se rompt que lorsque la pression atteint 2.480 kilogrammes.

Les rails de roulement, ainsi que les rails formant rainure, pèsent chacun $18^k,8$ par mètre courant et ont $0^m,10$ de hauteur. Les joints entre les rails de roulement et les rails formant rainure alternent. La ligne est à voie de $1^m,06$.

Les câbles en acier ont un diamètre de 25 millimètres et sont constitués par 6 torons, qui entourent une âme en chanvre. Chaque toron est composé d'un fil central de $2^{mm},25$ et entouré d'une première enveloppe de fil de $1^{mm},27$, puis d'une seconde enveloppe de fil de 2 millimètres. Le poids du câble est de $2^k,52$ par mètre courant. La vitesse de marche des câbles est d'environ 13 kilo-

metres, et la durée du service journalier de dix-huit heures. Leur durée moyenne est de vingt-sept mois, correspondant à un parcours total de 187.600 kilomètres, bien que le drainage de la partie basse de la ligne s'effectue dans de mauvaises conditions; parfois le parcours du câble dépasse 300.000 kilomètres.

Le grip est à action latérale et formé de deux mâchoires, ce qui permet de saisir le câble de l'un des deux côtés. Le serrage et le desserrage du grip sont effectués par un volant, qui met en rotation une vis et soulève et abaisse la machine supérieure.

Deux machines du type Corliss sans condensation actionnent les câbles; l'une sert de réserve.

En outre des tramways funiculaires, Los-Angeles possède 132 kilomètres de tramways électriques et à chevaux.

Les tramways de toute nature de Los-Angeles ont coûté 260.000 francs le kilomètre de voie simple. Les prix élémentaires de cette ville sont les suivants: journée de mécanicien, de forgeron, de charpentier, 25 francs; journée de manœuvre, 7f,50; fonte ou fer, en barre, 0f,32 le kilogramme; tôle, 0f,40; ciment, 150 francs la tonne; charbon, 30 francs la tonne.

San-Francisco.

(298.997 habitants.)

C'est à San-Francisco que la traction funiculaire a pris naissance; par conséquent, à part une ligne ou deux, ce n'est pas dans cette ville que se trouvent les installations les plus récentes. Les tramways de San-Francisco ont déjà fait l'objet de publications nombreuses, notamment de M. de Marchena et de MM. Lavoinne et Pontzen.

La situation des tramways de San-Francisco, à la fin de 1886, se trouve indiquée comme il suit par M. Pontzen (*Portefeuille économique des Machines, de l'Outillage et Matériel*, 4 juin 1888) :

	RUE CLAY	RUE SUTTER	RUE CALIFORNIE	RUE GEARY	PRESIDIO ET UNION	RUE MARKET
Date de l'ouverture de l'exploitation	1er sept. 1873	27 janv. 1877	9 avril 1878	16 fev. 1880	23 oct. 1880	22 août 1883 et 1886
Longueur des câbles en mètres	3.353	7.773	7.895	8.229	7.925	28.225
Nombre des câbles	1	3	2	2	2	7
Circonférence des câbles en millimètres	77	76	102	76	82	104
Plus forte rampe m/m par mètre	158	85	177.5	95	189	120.5
Nombre de machines à vapeur	2	2	2	2	2	8
Nombre de chevaux-vapeur pour faire marcher le câble à vide	23	85	85,5	59	»	204,4
Nombre de chevaux-vapeur pour faire marcher à vide une voiture	0.81	1,51	1,42	1.97	1,44	2,10
Nombre d'heures de service par jour	17 $1/2$	19 $1/2$	19	19	17 $1/2$	20 $3/4$
Vitesse du câble en mètres par minute	161	128 à 238	163	183 à 198	163	229
Poids d'une voiture vide	1.268k	1.358	2.040	1.810	1.946	réunis 4.350
Poids d'un dummy vide	950	906	1.855	1.992	1.946	
Nombre de voitures et de dummys en service	7	14	14	16 à 20	15	»
Intervalle de temps entre deux trains	3 à 5'	4'	5'	2 $1/2$ à 6'	4 à 6'	1 à 3'
Nombre de voyages complets effectués par jour	221	253	226	228	210	658
Nombre de voyageurs transportés en 1880	1.500.000	4.250.000	2.993.000	2.911.400	»	7.691.700
Nombre de voyageurs transportés en 1884	1.217.000	5.550.000	2.553.000	3.479.000	»	15.733.500

La situation des Compagnies de tramways est actuellement la suivante, la plus importante, *Market-Street Railway Company* ayant englobé dix Compagnies, entre autres la *Cliff House Railway Company*, dont nous parlerons plus bas :

NOMS DES COMPAGNIES	LONGUEURS EXPLOITÉES EN MILLES DE VOIES SIMPLES				
	Câble	Électricité	Chevaux	Vapeur	Total
Market-Street Railway C°.	65,9	37,35	28,55	18,30	150 »
Geary-Street C°..........	8,»	»	»	»	8 »
California - Street Câble R. R. C°...............	11,5	»	»	»	11,50
Sutter Street Ry C°......	11,5	»	»	1,50	13 »
Presidio et Ferrie's R.R. C°.	7,5	»	2	2 »	11,50
San-Francisco et San-Mateo Ry C°...........	»	27 »	»	»	27 »
Metropolitan-Street Ry C°.	»	9,90	»	»	9,90
Totaux........	104,4	74,25	30,55	21,80	231 »

Le réseau total des tramways de toute catégorie de San-Francisco comprend ainsi 470 kilomètres de voie simple, parmi lesquels la traction funiculaire à elle seule représente 167 kilomètres. En 1892, les tramways à câbles ont transporté 93.000.000 de voyageurs, soit 580.000 voyageurs par kilomètre. L'exploitation des tramways se fait d'une façon tout à fait régulière, et le matériel a toute la propreté et le confortable désirables. Les voies sont pavées en basalte et bien entretenues. C'est un spectacle vraiment curieux que de voir la facilité avec laquelle les tramways funiculaires circulent sur des rues très accidentées, où les déclivités de 20 °/₀ ne sont pas rares, s'arrêtent sans secousses aux croisées des rues et repartent sans à-coup.

Les renseignements qui suivent se rapportent à deux des Compagnies à câbles les plus récemment établies.

Cliff-House Railway Company. — La Compagnie exploite 24 kilomètres de voies simples en cinq lignes. Les longueurs des câbles sont respectivement de $8^k,235$; $3^k,355$; $3^k,660$; $3^k,355$ et $8^k,083$, soit en tout $26^k,688$. La rampe maximum est de $0^m,20$ par mètre.

La concession est de quarante-cinq ans, dont il reste encore trente-deux ans à courir. Le service dure de 5 h. 1/2 du matin à 1 heure du matin. L'espacement des voitures est de 2 1/2 à 3 minutes, et il est réduit à 1 et 1/2 minute à la sortie des théâtres. La vitesse est de 13 kilomètres à l'heure.

La Compagnie possède 82 voitures et en a 64 en service. Les voitures d'hiver sont ouvertes à une extrémité ; les voitures d'été sont complètement découvertes.

La construction des lignes date de 1887. Le réseau comprend une première ligne, construite en 1872.

La station contient quatre machines Corliss, sans condensation, de 300 chevaux chacune, pouvant donner 400 chevaux, dont deux en service courant. La pression est de 5 kilogrammes par centimètre carré.

Les chaudières sont chauffées au charbon, dont le prix est de 30 à 32 francs la tonne.

Le câble a 31 millimètres de diamètre, est en acier, composé de 6 torons formés de 19 fils, avec une âme centrale en chanvre. Il pèse 3^{k},37 par mètre.

On achetait autrefois les câbles en Angleterre ou en Allemagne, mais maintenant on les fabrique à Saint-Louis ou à San-Francisco. Un tour complet des torons représente une longueur de 0^{m},20. Les câbles durent de six à seize mois. On attache de l'importance, au point de vue de la durée, à ce que les fils soient tordus dans le sens où ils sont tréfilés.

La Compagnie payait autrefois par abonnement une somme de 37 à 38.000 francs par an pour les accidents ; depuis qu'elle a cessé l'abonnement elle ne dépense en indemnités que 4.000 francs.

Avant sa transformation, la Compagnie payait aux actionnaires 6 $^{0}/_{0}$ d'intérêt. Depuis les nouvelles constructions, elle ne paye pas de dividende, mais cela tient à ce qu'elle étend chaque année son réseau.

La Compagnie transporte 14 millions de voyageurs par an à 5 cents. Les recettes sont de plus de 2.500.000 francs par an, soit environ 1 million par kilomètre. En 1892, les dépenses ont été de 2 millions, y compris 300.000 francs de dépenses de réfection de chaudières et d'allongement de lignes.

La Compagnie ne paie aucune redevance à la ville.

California-Street cable R. R. Compagny. — Cette Compagnie comprend deux lignes : celle de California, construite en 1878 et reconstruite en 1891, et celle de Hyde-Street, construite à la même époque. Les longueurs des voies simples sont de 9.232 mètres et 7.800 mètres ; les nombres de voitures en service sont de 26 et 19 ; les nombres de voyages journaliers, 352 et 322.

La concession est de cinquante ans, dont il reste encore trente-huit ans à courir. La pente maximum est de 21 $^0/_0$. La vitesse des voitures est de 13 kilomètres à l'heure. Le service dure de 5 heures 1/4 du matin à 1 heure du matin ; les intervalles des voitures sont de 3 à 4 minutes et s'espacent un peu plus à partir de 10 heures, où ils sont de 6 minutes.

Les machines sont à triple expansion, à cylindres indépendants, et marchent à 8 kilogrammes de pression et à 62 tours par minute.

La force motrice est de 275 chevaux et peut en développer jusqu'à 500.

Les chaudières sont au nombre de trois et peuvent donner 120 chevaux chacune.

Le câble a 31 millimètres de diamètre, 6 torons et 19 fils d'acier, il pèse $3^k,37$ par mètre courant. Sa durée varie de quatorze à quinze mois, et il s'allonge, à la fin du service, de 75 mètres.

A la croisée des rues transversales, les lignes à profils accidentés sont en palier sur les largeurs de ces rues ; il

en résulte des changements brusques de pentes qui nécessitent l'établissement de poulies guides.

En raison de la multiplicité des tramways à câbles, les croisements d'une ligne à l'autre ont lieu fréquemment. Dans ce cas, un câble est infléchi au-dessous de l'autre au moyen de poulies de renvoi. Ces points sont franchis soit par la force acquise, soit par la gravité, le grip étant obligé de lâcher le câble abaissé.

Sur la ligne de California-Street, on emploie des grips à mâchoires horizontales, et sur la ligne Hyde-Street, des grips à serrage vertical.

La voie simple a coûté 250.000 francs par kilomètre, sans le câble. La réfection de l'ancienne ligne et l'établissement de la nouvelle ont coûté en tout 4.500.000 francs.

Le nombre des voyageurs transportés a été de 7.700.000 ; les recettes brutes ont atteint 1.800.000 francs, et les dépenses 1.140.000 francs.

La Compagnie paie à la ville 2 $^0/_0$ de la recette brute comme redevance.

D'après M. C. Huerne, ingénieur civil à San-Francisco, qui a fait, dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, la description des tramways de la rue Californie (avril 1880), la dépense d'un tramway funiculaire à double voie d'une longueur de 5 kilomètres reviendrait à 248.000 francs par kilomètre.

Avec les indemnités de toute nature et les transformations successives des voies, les dépenses ont été en réalité beaucoup plus élevées. C'est ainsi que, d'après les capitaux actions et obligations mis en circulation, les lignes de California, Geary et Sutter-Street sont revenues, la première à 530.000 francs, et les dernières à 800.000 francs le kilomètre de voie simple.

Tillmore-Street Railway. — On a inauguré, le 5 août 1895, à San-Francisco, sur la ligne de Tillmore-

Street, un tramway électrique plus remarquable encore que celui de Portland, puisque les voitures y gravissent une rampe de 25,50 °/₀, la plus importante qui ait encore été abordée par un tramway. Le principe, à peu près semblable à celui du tramway de Front-Street de Portland, en diffère cependant en ce que le contrepoids est supprimé, la voiture descendante équilibrant directement la voiture montante.

Un câble sans fin, placé sous la voie, passe à chaque extrémité de la montée sur deux poulies. Il porte deux crampons faisant légèrement saillie au-dessus de l'ouverture supérieure de la conduite. Lorsque l'un des crampons est en bas de la côte sur une voie, l'autre crampon est en haut sur la seconde voie. Lorsqu'une voiture montante approche de la rampe, elle passe au moyen d'un aiguillage sur la voie où se trouve le crampon, et elle attend que la voiture descendante ait fait la même opération, en haut de la montée. Chacune des voitures est munie de deux moteurs de 25 chevaux, chacun pouvant fournir un travail double pendant un certain temps. Une voiture fortement chargée peut être remontée par une voiture vide.

Diverses autres villes.

Sans entrer dans plus de détails, nous terminerons ce chapitre en indiquant les longueurs de voies de tramways exploitées dans quelques autres villes, en regard de la population de 1890.

	POPULATION	LONGUEURS DE VOIES
Baltimore	434.151 hab.	225 milles
Cincinnati	296.908	261
Buffalo	255.664	143
Nouvelle-Orléans	242.039	181
Pittsburg	238.617	242
Milwaukee	204.468	159
Denver	106.713	205

CHAPITRE III.

VOIE ET MATÉRIEL ROULANT.

Construction de la voie.

Conditions générales d'établissement. — En raison de la grande superficie des villes américaines et du développement des voies publiques, l'entretien de ces voies ne peut y être, comme nous l'avons dit, l'objet des mêmes soins minutieux que dans les villes européennes. Les chaussées n'y ont pas, en général, la même régularité de profil et présentent beaucoup plus de flâches. En même temps qu'elles ont contribué au développement énorme des tramways, ces conditions en rendent l'établissement plus difficile ; elles ne permettent généralement pas de les construire d'une façon aussi parfaite, et rendent l'entretien de la voie généralement plus coûteux qu'en Europe.

Pour les tramways à chevaux, les voies laissent souvent fort à désirer. Soit qu'elles soient établies en vue d'une vente immédiate, soit que le manque de ressources ou la faiblesse présumée du trafic n'ait pas permis de faire mieux, elles sont parfois construites d'une façon rudimentaire, que l'on sait imparfaite, avec l'espoir de les améliorer peu à peu, au fur et à mesure du développement du trafic et des ressources. Alors qu'en France on renonce à construire une ligne de tramway, si on ne dispose pas des ressources nécessaires pour l'établir dans des conditions pleinement satisfaisantes, aux États-Unis, quand on n'a pas l'argent nécessaire pour construire une ligne par-

faite, on se résout facilement à en établir une sommaire, qui, telle qu'elle est, rend encore des services sérieux.

Ces considérations s'appliquent surtout aux lignes de tramways à traction animale. La traction électrique s'accommode mal d'une voie défectueuse. Le retour du courant s'opérant généralement par les rails, il faut que ceux-ci soient solidement établis et que leurs assemblages n'offrent pas de défectuosités ; les trucks des voitures sur lesquels sont installées les dynamos qui actionnent les roues ne peuvent pas supporter impunément les mêmes secousses que les voitures traînées par les chevaux. Aussi les voies où la traction électrique est employée sont-elles généralement bien établies, comme nous avons eu l'occasion de le constater dans un grand nombre de villes importantes, parmi lesquelles il nous suffira de citer: Washington, Boston, Brooklyn, Saint-Louis, Montréal, au Canada. Quoique nous n'ayons pas de renseignements particuliers sur ce point, nous pensons que les frais de transformation d'une voie exploitée par chevaux en une voie exploitée par l'électricité doivent être notablement plus coûteux qu'en France.

Quant à la traction funiculaire, on ne peut, on le comprend facilement, la réaliser que sur une voie parfaitement et solidement construite. Les lignes que nous avons vues, à New-York, à Washington, à Saint-Louis, Kansas-City, Portland, San-Francisco, ne laissent rien à désirer à cet égard. Il en est de même à Chicago, bien que l'étendue énorme de la ville ne permette pas de réaliser, pour les chaussées elles-mêmes sur lesquelles les lignes de tramways funiculaires sont établies, un état bien parfait d'entretien.

D'une façon générale, on peut dire que les tramways américains sont établis avec une large voie. C'est ainsi que les statistiques des tramways de l'État de New-York

montrent que la largeur de voie de ces tramways varie de 1m,45 à 1m,60.

Les conditions d'établissement de la voie étant, surtout pour la traction animale et électrique, indépendantes du système de traction adopté, nous examinerons d'abord ce qui a trait à ce sujet, en passant successivement en revue les différentes parties dont se compose une voie.

Fondations. — Il est rare, pour des lignes à traction électrique, et encore plus pour des lignes à chevaux, qu'on établisse la voie sur une fondation de béton. En dehors de son coût élevé, ce mode de fondation a donné généralement de mauvais résultats aux États-Unis. Cela tient, sans doute, à ce que les lignes de tramways sont établies souvent, en tout ou en partie, sur des voies nouvellement contruites, dont le sol n'est pas suffisamment tassé.

Ordinairement on pose les traverses de la voie sur une fondation de 0m,30 environ de ballast en pierres cassées, en gravier ou en mâchefer. Pour faciliter le drainage de la voie, on place souvent dans le fond de la fouille de grosses pierres, en ayant soin d'éviter que les traverses portent sur ces pierres.

Le mauvais état des voies de tramways d'un grand nombre de lignes provient, le plus souvent, de ce que les fondations sont faites par des ouvriers inhabiles, mal surveillés, et que le bourrage sous les traverses n'est pas fait avec soin.

Le drainage des fondations est d'autant plus utile que les chaussées sont plus mal entretenues. On emploie à cet effet des drains en poterie qu'on place au fond de la fouille, lorsque le drainage n'est pas obtenu simplement par les grosses pierres de fondations mentionnées ci-dessus.

Traverses. — On a employé des traverses métalliques sur certaines lignes de tramways électriques, mais cet

emploi est peu répandu, et, en général, on fait usage des traverses de bois. Un certain nombre d'espèces d'essences sont employées pour cela ; le pin est généralement considéré comme le meilleur.

Les traverses ont de $0^m,13$ à $0^m,15$ de hauteur, de $0^m,18$ à $0^m,20$ de largeur et 2 mètres de longueur. Leur espacement ne dépasse guère $0^m,55$; mais il est modifié aux joints de façon à s'adapter à la longueur des éclisses et aux joints des rails établis en porte-à-faux ou supportés par les traverses.

Lorsque les rails sont fixés directement aux traverses, on fait usage d'une plaque en acier analogue à celles qui sont employées dans les chemins de fer à rails Vignole.

Rails. — Quand il peut être adopté, comme par exemple dans les lignes suburbaines, c'est le rail ordinaire à T, fixé directement sur les traverses, qui est le plus généralement employé. On reproduit plus ou moins dans ce cas le type des chemins de fer ordinaires représenté sur la *fig.* 1, Pl. 5, avec son éclisse.

Dans les chaussées pavées on est obligé de tailler d'une façon spéciale le pavé qui joint l'intérieur du rail, afin que le boudin des roues de tramways ne porte pas sur lui. L'usure et l'entretien de cette ligne de pavés rendent, dans ce cas, l'emploi de ce type de rails peu recommandable, malgré les avantages qu'il présente : raideur verticale et latérale, durée, facilité de remplacement, économie d'établissement.

L'emploi du rail à T est, par conséquent, assez limité ; et, dans les villes, on emploie habituellement un rail à large semelle supérieure à gradin, qui se décompose en deux types : rail symétrique *fig.* 2, rail à profil supérieur dissymétrique *fig.* 3 et 13 à 24. Le rail du second type est employé parfois avec un surcroît de hauteur, comme le représentent les *fig.* 6 et 7, dans le but de supprimer les

coussinets et les longrines. On emploie aussi le rail à gorge, *fig.* 4 et 5.

Des types également employés sont le rail à âme double, représenté sur les *fig.* 8 et 9, et le rail composé, dans lequel la tête et la partie inférieure du gradin sont formées de deux rails distincts à âmes indépendantes, *fig.* 11.

Le rail symétrique de la *fig.* 2 est très bon pour la traction des tramways, puisqu'il ne présente pas de cavité dans laquelle la poussière et la boue puissent s'accumuler, et que le champignon offre le moins de résistance possible au roulement des roues des tramways ; mais la saillie formée par le champignon est une gêne sérieuse pour la circulation des voitures ordinaires, et son emploi est pour cette raison interdit dans un grand nombre de localités.

Le type à gradin présente, quoique à un degré moindre, le même inconvénient, qui le ferait proscrire dans nos villes françaises. Néanmoins, il est adopté aux États-Unis dans un grand nombre de villes. Si le champignon est une cause de gêne, le large patin qui constitue la partie inférieure du gradin constitue une excellente surface de roulement pour les charrettes pesamment chargées et, comme les voitures particulières ou de louage sont beaucoup plus rares qu'en France, l'inconvénient provenant de la saillie du champignon sur la partie basse du rail est, en fait, peu gênant.

On n'emploie le rail à gorge que lorsqu'on n'a pas l'autorisation d'en adopter un autre. Par suite du moins bon entretien des chaussées, l'inconvénient de la gorge y est plus sensible, et on admet que l'adoption de ce type demande un surcroît de 30 à 40 $^0/_0$ de force pour la traction des voitures par rapport aux types précédemment indiqués.

Le type de rails à gradin adopté aux États-Unis devrait donner un frottement de roulement moindre que sur les

tramways d'Europe, mais le moins bon entretien de la voie donne, au contraire, une résistance plus grande. Aussi, tandis qu'en Europe on compte, d'après M. Clarke, une résistance à la traction de 9 kilogrammes par tonne, il est prudent d'adopter une résistance de 10 à 11 kilogrammes, aux États-Unis, sur une voie horizontale.

Dans quelques villes où l'adoption du rail à gorge est imposée aux Compagnies de tramways, comme à New-York, les Compagnies ont adopté une variante dans laquelle la gorge est évasée du côté de l'intérieur de la voie et a son rebord terminé à un niveau un peu inférieur à celui du champignon, *fig.* 5.

Dans le type de rails surélevés, il convient de mentionner le rail représenté par la *fig.* 6, qui s'applique à une partie des lignes de Philadelphie, ainsi que le rail de la *fig.* 7, dont il est fait usage sur une partie des lignes de Boston et qui ne pèse pas moins de 50 kilogrammes par mètre.

La *fig.* 8 représente un rail-longrine et son support d'attache destiné à être fixé à une traverse en bois. Ce rail peut aussi se poser directement sur les traverses, comme le représente la *fig.* 9. Dans l'un et l'autre cas, le type se recommande par sa résistance latérale et verticale, son faible poids et les excellentes surfaces latérales de butée qu'il offre pour le pavage.

Un inconvénient des types de rails précédemment indiqués consiste, en effet, en ce que, lorsqu'il se produit une flâche dans le pavage, le pavé passe sous le patin du rail et forme ainsi une cavité dangereuse pour les chevaux; cet inconvénient n'est pas à redouter avec le rail à âme double.

Dans le système de rail composé de la *fig.* 11, la *fig.* 12 représente comment ce rail peut être supporté par des coussinets métalliques sans traverses et avec de simples tirants reliant ces coussinets les uns aux autres. Les rails

sont disposés de façon que les joints chevauchent les uns sur les autres, ce qui en assure la rigidité. Les coussinets sont espacés de $0^m,70$ de centre à centre, et les rails ont $9^m,80$ de longueur.

La *fig.* 10 représente un dernier type de rail, dans lequel les deux parties du gradin sont formées d'un fer à surface inférieure horizontale reposant sur une longrine. La longrine est comprise, à la partie supérieure, entre deux fers plats qui assurent une liaison solide du rail avec la longrine et, à la partie inférieure, entre deux équerres qui servent à attacher la longrine aux traverses transversales.

Les types de rails étant ainsi passés en revue, les diverses parties de rails en usage aux États-Unis donnent lieu aux observations suivantes :

Pour les rails dont le poids dépasse 25 kilogrammes par mètre, la meilleure dimension du champignon que l'usage paraît avoir indiquée est de 50 à 65 millimètres de largeur et 20 à 25 millimètres de hauteur. Toutes les dimensions intermédiaires entre 50 et 65 millimètres ont été adoptées sans qu'on puisse dire laquelle est la meilleure.

On donne à l'âme du rail une épaisseur de 3 à 4 millimètres sans attacher d'importance à renforcer cette partie du rail, qui ne périt jamais par un excès de minceur de l'âme.

Au contraire, l'adoption d'une bonne hauteur de rail est importante, si on admet qu'un rail de $0^m,12$ de hauteur bien proportionné peut supporter une voiture de 5 à 6 tonnes par roue. D'après certains ingénieurs, un excès, même très faible, de hauteur du rail augmente son usure, en diminuant son élasticité et en augmentant l'effet du choc produit par les roues. Par contre, l'augmentation de rigidité permet d'employer des coussinets moins forts et de supprimer les longrines, de telle sorte que l'élasticité et la rigidité de la voie ont leurs avantages et leurs inconvénients.

On adopte généralement une largeur de patin égale à la hauteur du rail. Un large patin empêche le déversement du rail et sa pénétration dans les longrines ou dans les traverses.

La longueur ordinaire des rails est de 8m,64, mais on tend à augmenter cette longueur jusqu'à 11m,40, afin de diminuer le nombre des assemblages des rails.

Les statistiques des tramways de l'État de New-York montrent que le poids des rails varie pour les tramways à chevaux de 12 à 30 kilogrammes, et pour les tramways électriques de 18 à 36 kilogrammes par mètre courant.

Pose des rails. — Quand on peut fixer directement les rails sur les traverses, on ne manque pas de le faire. Mais, si cela est possible quand la chaussée est pavée en bois, en briques ou en asphalte, avec des rails de hauteur ordinaire de 0m,11 à 0m,13, *fig.* 14, cela devient impraticable lorsque le pavage est fait en pavés de granit, et il devient nécessaire de supporter les rails par des coussinets, *fig.* 13 et 15, ou des longrines longitudinales en bois, *fig.* 17. Les coussinets d'acier moulé sont préférés à ceux de fonte. On relie aussi parfois le rail au coussinet au moyen d'une soudure électrique. Les crampons d'attache sont les mêmes que sur les chemins de fer; on emploie avec avantage les crampons à tête double, qui, en place, peuvent être enlevés au moyen de l'introduction d'une pince entre la traverse et la seconde tête.

On fait usage, parfois, d'un rail assez élevé pour éviter l'emploi des coussinets et des longrines, *fig.* 6 et 7, mais la voie devient très coûteuse, et on ne paraît pas en avoir été très satisfait.

Assemblages des rails. — Les types d'éclisses les plus répandus sont ceux que représentent les *fig.* 1, 4, 6 et 16. Les courbures données aux éclisses ont pour but de rendre le

serrage des écrous et l'appui des éclisses contre le champignon et le patin plus efficaces. Une longueur d'éclisse de 0^m,70 à 0^m,75, avec 4 à 6 boulons, donne d'aussi bons résultats qu'une longueur de 0^m,85 à 0^m,90.

Comme le serrage des joints nécessite l'enlèvement de la partie avoisinante de la chaussée, on se sert parfois, dans les chaussées d'asphalte ou en pavés à joints de ciment, d'une caisse à fermeture mobile qui permet le serrage des boulons sans qu'on ait à toucher à la chaussée, *fig*. 18. Dans certains cas, cette caisse sert aussi de coussinet, *fig*. 21.

On donne le plus de hauteur possible aux éclisses, afin d'éviter la flexion des rails au droit des assemblages.

Si les traverses sont un peu éloignées, il convient de placer les joints sur une traverse. Dans le cas où elles sont suffisamment rapprochées, les avis sont partagés sur l'utilité de cette dernière disposition. Au contraire, on s'accorde à penser qu'il est utile de ne pas faire coïncider les joints des deux files de rails et de faire correspondre le joint d'un côté au 1/3 de la longueur du rail opposé.

Les *fig*. 19 et 20 représentent des dispositifs d'assemblages très résistants et robustes.

Dans d'autres cas, où les joints sont placés en porte-à-faux entre deux traverses, on emploie avec avantage les dispositions représentées par les *fig*. 22, 23 et 24, dans lesquelles les bouts de rails sont supportés par des pièces métalliques formant pont entre les deux traverses voisines.

La *fig*. 25 donne enfin la disposition d'un assemblage des rails à âme double reposant sur traverse.

Lorsque les rails sont assujettis avec des coussinets à des traverses transversales, il n'est pas nécessaire de les réunir par des barres d'attache. Mais, lorsqu'ils sont surélevés, reposant directement sur les traverses ou ne portant que sur des longrines, on ne peut pas compter unique-

ment sur les pavés pour maintenir l'écartement de la voie, et il devient nécessaire de les réunir par des barres d'attache. On donne, en général, à ces barres un espacement de $1^m,20$ à $1^m,50$, et on les constitue de préférence avec des fers plats pour pouvoir plus facilement les loger dans les joints des pavés. Ces fers plats ont 30 millimètres de hauteur et 6 à 12 millimètres d'épaisseur et sont terminés par deux parties filetées, dont chacune porte deux écrous qui serrent les rails et les maintiennent à l'écartement voulu, *fig.* 26.

Les joints des rails étant une source fréquente d'avaries, on a cherché à les éviter en soudant les rails les uns aux autres au moyen de l'électricité, d'après le procédé Thomson-Houston.

Voici comment l'application de ce système a été faite à une Compagnie de tramways de Saint-Louis, sur un parcours de plus de 5 kilomètres, d'après le *Railway World*:

Le chariot soudeur construit par la Cie Johnson, de Johnston (Pensylvanie), porte, en outre des moteurs destinés à la traction, un moteur destiné à opérer la soudure. Avant de mettre le chariot en circulation sur la voie, on a soin de la mettre en parfait état d'entretien et de bourrer avec soin les traverses, de façon à éviter que le chariot puisse produire un mouvement de flexion, puis on fait toucher les rails bout à bout en introduisant un coin dans le joint voisin de celui qu'on veut souder. Deux morceaux d'acier de la même composition que les rails sont placés de part et d'autre de l'âme des rails, Pl. 5; puis, les mâchoires de la machine sont amenées au contact et compriment le joint et les morceaux d'acier. Le courant est alors envoyé dans les dynamos à courant alternatif et dirigé dans les pièces à souder, qui rougissent et fondent dans l'espace de trois à quatre minutes. La soudure complète d'un joint demande une dizaine de minutes.

La *Nassau Electric C°* de Brooklyn fait des essais du

même genre sur une voie de 50 kilomètres. A Saint-Louis, la ligne entière est terminée et, malgré les brusques variations de température, la dilatation n'a pas causé de grands dégâts. Quelques soudures ont cédé, mais, une fois refaites, elles se sont comportées aussi bien que les autres; et, d'une façon générale, lorsqu'il y a des ruptures, ce n'est pas aux joints qu'elles se produisent.

Ces résultats sont contraires à plusieurs constatations faites en France sur des voies de chemin de fer. Lorsque les rails se touchent sur une longueur suffisante, on a constaté, en France, que la voie se soulevait et qu'un déraillement était alors inévitable.

Si un pareil résultat ne se manifeste pas sur des voies de tramways formées par des rails soudés sur de grandes longueurs, on peut l'expliquer par la résistance qu'oppose le pavage de la voie à la déformation du rail.

Au reste, nous nous bornons à signaler des renseignements très intéressants mentionnés par le *World Railway*, sans être en mesure d'en garantir l'exactitude.

Dans une autre méthode de soudure, les rails ne sont pas soudés bout à bout, et les pièces qui forment le joint présentent deux coudes à angle droit qui donnent une certaine élasticité à la voie en permettant aux joints de s'éloigner ou de se rapprocher, suivant la température.

Cette méthode ne donne pas lieu à la même objection que celle de la soudure continue, puisque les rails peuvent librement prendre la longueur que comporte la température.

D'après le *Street Railway Gazette*, une Compagnie de Milwaukee a opéré le soudage des rails d'une ligne de Saint-Louis en coulant autour des joints de deux rails mis bout à bout, dans un moule fortement chauffé, une masse de fer fondu.

Les moules sont mis en place, après avoir été amenés à la température du rouge sombre, les rails à souder ayant

été préalablement nettoyés avec soin à leurs extrémités. Avant de verser le fer fondu on laisse les moules suffisamment de temps pour que les extrémités des rails à souder aient été chauffées suffisamment par conductibilité. La coulée se fait pour une vingtaine de joints à la fois, et l'appareil de fusion peut faire environ 70 joints par jour. Chaque joint exige 55 kilogrammes de métal et coûte à peu près 15 francs.

Les joints sont faits non pas les uns après les autres, mais dans un ordre déterminé à l'avance, de façon que les effets dus à l'échauffement des extrémités des rails se produisent le moins possible.

Prix des divers modes de pavages. — Tous les systèmes de chaussées usités en France sont employés aux États-Unis : macadam, pavage en pavés de granit, pavage de bois, pavage, en asphalte ; on y trouve même des chaussées pavées avec des briques.

Les pavés de bois sont faits avec des parallélipipèdes de $0^m,10$ de largeur, $0^m,10$ à $0^m,35$ de longueur et $0^m,15$ de hauteur, à l'instar de ceux qui sont employés en France ; mais ce pavage, qui nécessite une fondation très solide et bien faite, s'accommode mal de la circulation intensive et lourde des voies américaines. Aussi est-il considéré comme un pavage essentiellement de luxe et, par suite, peu répandu.

Dans certaines villes de l'Ouest et même à Chicago, quelques rues sont pavées en pavés de bois dans lesquels on utilise toute la section de l'arbre, se contentant de remplacer le périmètre circulaire par un polygone à un grand nombre de côtés. Ce mode de pavage, un peu primitif, a l'aspect d'une maçonnerie à joints incertains.

On utilise, pour les pavages en bois, le pin et aussi quelques autres essences, telles que le châtaignier, le cèdre, l'eucalyptus.

Dans certaines parties des États-Unis, notamment dans les villes de l'Ohio et de l'Ouest, le pavage en briques dures est très employé.

Voici, à titre d'indication, quelques prix de pavages payés à New-York :

	Le mètre carré.
Pavage en granit, sur fondation de gravier........	16 fr. 10
Même pavage, sur fondation de béton............	22 30
Pavage en asphalte, sur béton, avec entretien pendant 5 ans	18 60
Même pavage, avec entretien pendant 15 ans.....	23 60
Même pavage sur une fondation en pierres cassées existante, avec entretien pendant 15 ans............	21 10
Pavage en briques dures, sur fondation en pierres cassées..	13 30
Pavés de bois, sans fondation de béton...........	21 60

Dépenses de construction. — D'après M. Fairchild, la dépense de premier établissement d'un mille de double voie en alignement droit peut s'établir comme il suit :

704 rails pesant 241 tonnes 30 avec les éclisses, les coussinets et les tirants......................	68.000 fr.
4.224 traverses, espacées de 0m,75 à 2f,25 l'une..	9.500
Fouille et pose............................	16.100
Pavage en pavés de granit, dans l'entre-voie et sur 0m,45 de chaque côté des rails, à 18f,65 le mètre carré	143.800
Total....................	237.400 fr.
Soit par mille de voie simple......................	118.700
Ou par kilomètre de voie simple................	74.000
Un croisement à angle droit..................	700
Une aiguille de croisement....................	2.730
Une courbe à angle droit de voie simple de 45 pieds de rayon................................	1.270

Sur la dépense de 74.000 francs indiquée ci-dessus, le pavage représente un peu plus de 44.000 francs, de telle

sorte que la dépense en rase campagne peut être évaluée, par kilomètre de simple voie, à 30.000 francs.

Si l'on compare maintenant les résultats donnés ci-dessus à ceux des statistiques américaines, on constate les résultats suivants pour les deux États de Massachusetts et de Pensylvanie. Pour l'État de New-York, les chiffres donnés s'appliquent à la fois aux dépenses de la voie et des bâtiments ; aussi, tant pour cette raison que de ce fait déjà signalé que beaucoup des dépenses des tramways de cet État sont majorées d'une manière anormale par des dépenses accessoires énormes, on ne peut rien tirer des statistiques de cet État pour les dépenses de la voie proprement dite.

Dépenses de construction de la voie.

ANNÉES	TRAMWAYS A TRACTION animale	TRAMWAYS A TRACTION électrique	TRAMWAYS A TRACTION animale	TRAMWAYS A TRACTION électrique
	MASSACHUSETTS.		PENSYLVANIE.	
	fr.	fr.	fr.	fr.
1892	35.800	60.300	64.000	100.400
1893	35.800	76.900	67.300	126.300
Moyennes....	35.800	68.600	65.700	113.400

Il résulte de là que la dépense de la voie est sensiblement double pour la traction électrique que pour la traction animale. Cette différence ne peut s'expliquer que par la façon sommaire dont beaucoup de voies de tramways à traction animale sont établies aux États-Unis. Une pareille différence n'existerait pas en France, à notre avis.

Les dépenses minima constatées dans les divers États sont de 20 à 25.000 francs par kilomètre de simple voie

pour la traction animale, et de 25 à 30.000 francs pour la traction électrique. Ces minima s'appliquent à des tramways établis sur des chaussées non pavées.

Cette dépense ne s'éloigne pas beaucoup de celle de 24.500 francs indiquée par M. Clarke, pour les tramways anglais, et de celle de 20.000 francs donnée par MM. Lavoinne et Pontzen, pour les tramways français.

Les statistiques du Ministère des Travaux publics ne donnent pas les dépenses d'établissement de la voie pour les divers tramways français. A défaut d'un renseignement d'ensemble de date récente nous dirons qu'à Lyon, où les tramways sont établis presque partout sur des chaussées pavées, les 68 kilomètres de voie simple à traction animale, ont coûté 59.000 francs par kilomètre de voie simple, non compris les bâtiments. La ligne de Lyon à Oullins, exploitée tout d'abord par traction animale, qui n'avait coûté que 50.000 francs par kilomètre, à cause des parties non pavées de la ligne, n'a exigé qu'une dépense kilométrique supplémentaire de 8.000 francs pour consolidation de la voie et équipement de la ligne. Cet exemple montre bien qu'en France il faut, en général, beaucoup moins que doubler les dépenses de la voie pour passer de la traction animale à la traction électrique.

Matériel roulant.

Roues et essieux. — Les roues des cars sont généralement en fonte. Il y a toutefois actuellement une tendance à employer des roues en acier coulé.

Le diamètre des roues de moteurs électriques varie de $0^m,76$ à $0^m,90$, et leur poids est compris entre 140 et 190 kilogrammes.

Pour les cars à chevaux, le poids des roues varie de 80 à 90 kilogrammes.

Enfin, pour les cars à câbles, le diamètre des roues varie de $0^m,56$ à $0^m,76$ avec des poids compris entre 64 et 100 kilogrammes.

On emploie, en fait de types spéciaux, des roues en papier comprimé, analogues à celles des wagons Pulman, des roues en acier coulé, enfin des roues en acier coulé avec noyau central en fonte.

Les roues de fonte font généralement de 30 à 60.000 kilomètres et après ce parcours sont cassées et refondues.

Les parcours que fournissent les roues avant d'être hors de service sont, d'ailleurs, extrêmement variables.

Dans une ville de l'Ouest, les roues ont fourni des parcours variant de 14.806 à 70.727 milles avec une moyenne de 44.114 milles.

Dans une autre ville de la même région, on a constaté les parcours suivants en milles, les numéros distinguant les divers constructeurs :

	1	2	3	4	5	6	7
ROUES RETIRÉES POUR USURE							
Mille voiture à grip	45.128	49.331	45.556	»	57.869	58.416	»
— à câble remorquées	46.104	52.564	38.189	»	»	42.837	»
— électriques	41.118	52.296	44.176	46.607	»	34.132	»
— à chevaux	65.521	69.437	»	»	»	58.899	»
ROUES RETIRÉES POUR TOUTE CAUSE							
— à grip	38.187	40.496	30.531	»	57.869	41.319	23.837
— à câble remorquées	40.912	48.329	32.136	»	»	30.401	17.964
— électriques	28.086	52.296	44.176	47.226	»	25.879	33.414
— à chevaux	57.007	69.099	»	»	»	58.899	»

Les roues des voitures à traction animale fournissent généralement, comme on le voit, un parcours plus long que les roues des voitures à traction électrique ou funiculaire.

Des observations faites à Albany ont fait constater les

parcours suivants : avec des voitures parcourant 130 milles par jour, 34.710, 40.300, 43.160, 28.470, 43.940 milles ; et avec des voitures parcourant 170 milles par jour, 63.890, 66.810, 62.050, 62.220 milles.

A New-York, on a constaté, pour des voitures électriques à deux moteurs de 25 chevaux chacun, des parcours moyens de 13.576, 20.061, 32.992, 27.654, 33.386, 68.700 milles.

Nous n'avons pas de renseignements spéciaux sur la durée comparative des différents types de roues employés dans les compagnies américaines de tramways.

Trucks. — Dans certains tramways à traction animale, le châssis en bois qui supporte la caisse des voitures repose directement sur les roues.

Mais pour les tramways à traction électrique, qui ont à supporter le poids des dynamos et à résister aux efforts développés par eux, les châssis en bois ont dû être remplacés par des trucks métalliques, indépendants de la caisse de la voiture ; ces trucks sont donc très employés. Dans les divers types de trucks, les caisses sont suspendues sur les châssis métalliques au moyen de ressorts à boudins ou à pincettes. Dans les voitures à deux essieux rapprochés et à porte-à-faux considérables, dont il est fait un grand usage, le mouvement de galop qui se produit est combattu par l'action de ces ressorts, qui tendent à amortir ce mouvement et à ramener les caisses à leur position normale.

Il existe un très grand nombre de types de trucks métalliques ; la Pl. 6 en représente quelques-uns, qui s'appliquent soit à deux, soit à trois, ou même à quatre essieux.

Dans les trucks à deux essieux, la *fig*. 3 donne le truck de la *Franklin Company*, dans lequel la caisse repose sur

le châssis métallique par l'intermédiaire de ressorts à pincettes. Dans le type de la *West End Company* de Boston, la caisse porte, au contraire, sur le châssis métallique au moyen de ressorts à boudins. Enfin, dans le type des *fig.* 2 et 4, truck de la *Fulton Foundry C°*, truck Dorner et Dutton, la suspension est réalisée à la fois par deux ressorts à boudins et par des ressorts à pincettes.

Parmi les trucks à trois essieux, nous citerons spécialement le truck radial Robinson, employé sur une partie des voitures des tramways de Boston, dans lequel les essieux convergent dans les courbes vers le centre de ces courbes, la majeure partie du poids portant sur les essieux, *fig.* 6.

Dans la catégorie des voitures à bogie, la *fig.* 5 donne le truck de la *Fulton Foundry Company.*

Caisses des voitures. — Il existe une très grande variété de formes et de types de caisses de voitures. Nous n'en donnerons que quelques spécimens parmi les plus employées.

La *fig.* 1 de la Pl. 7 représente une voiture découverte pour tramways à chevaux.

Pour la traction électrique, la *fig.* 2 représente une voiture fermée à deux essieux, construite par la *Barney and Smith Car Company* de Dayton (Ohio), en service à Cincinnati où la traction électrique se fait au moyen de deux fils aériens. La *fig.* 4 représente une voiture de 16 pieds de longueur construite par la *Saint-Louis Car Company.*

En ce qui concerne les tramways à câbles, le service est fait parfois par des voitures isolées, dont les *fig.* 5 et 6 représentent le modèle employé à New-York, sur la ligne de Broadway, un des plus confortables que nous ayons rencontrés aux États-Unis. D'autres fois, le ser-

vice est assuré par des trains. Dans ce dernier cas, la première voiture, grip-car, est du type représenté par la *fig*. 3 et relatif à Cleveland. La *fig*. 1 de la pl. 8 représente une voiture remorquée découverte, trail-car, construite par la *Lewis and Fowler Company* de Brooklyn, et qui est employée, soit avec la traction électrique, soit avec la traction funiculaire. Ce sont de grandes voitures de ce genre qui sont employées sur les tramways funiculaires de Chicago. En hiver, on emploie des voitures fermées ; ces voitures sont souvent chauffées par des poêles dont la *fig*. 3 donne un dispositif.

On fait quelquefois usage de voitures mixtes : voiture partie fermée et partie ouverte, et voiture partie pour voyageurs et partie pour marchandises.

Il existe quelques types de voitures à impériale fermées ou ouvertes. Nous signalerons même, parmi les voitures à impériale, un type de voiture symétrique à traction électrique, dans lequel le conducteur est placé dans une sorte de guérite, en haut de la voiture.

Comme nous l'avons dit, les voitures à impériale sont très peu employées aux États-Unis.

Certaines lignes de tramways ont des voitures spéciales pour l'enlèvement de la boue et de la neige. La *fig*. 2 représente une de ces voitures, mue par l'électricité, construites par la *Lewis and Fowler Company*.

Appareils de sécurité, ou fenders. — Le grand nombre des accidents qui se produisent sur les Compagnies de tramways américains ont fait adopter, sur plusieurs lignes, des appareils de sécurité pour les voyageurs.

Ces appareils sont de deux sortes.

Un des appareils se compose d'une surface placée à l'avant de la voiture, dont les contours sont généralement rendus élastiques et dont le milieu est formé, le plus souvent, d'un filet. Cet appareil est destiné à recevoir les per-

sonnes qui sont tamponnées par les cars et à les empêcher de tomber sous les roues. Le mouvement de galop des tramways est une des grandes difficultés d'installation de ces appareils. Si, en effet, les fenders sont établis trop près du sol, le mouvement de galop a pour effet d'en faire heurter l'avant contre le sol et de les briser, et si, au contraire, ces appareils sont assez élevés au-dessus de la voie pour que cet effet ne puisse pas se produire, le jeu suffit, surtout dans les parties déprimées de la voie et dans une période de mouvement de galop, pour que le corps d'une personne tombée, et notamment d'un enfant, passe par-dessous l'appareil de sauvetage, qui, dans ce cas, non seulement n'a plus aucun effet efficace, mais encore peut blesser les personnes tombées.

Pour obvier à cet inconvénient, les fenders sont rendus parfois mobiles, soit qu'ils puissent s'abattre, étant relevés à l'ordinaire, contre l'avant des cars, soit qu'ils soient masqués sous les plates-formes des cars et puissent être déplacés horizontalement et portés rapidement à l'avant des cars. Dans les deux cas, le mouvement des fenders est produit par le conducteur, dès qu'un choc est prévu par lui, et, pour que la manœuvre soit plus rapide, l'appareil qui détermine le déplacement du fender est mis en mouvement soit par le pied, soit par les genoux du conducteur.

La *fig.* 4 de la Pl. 8 représente un type de fender à bourrelets élastiques. Les *fig.* 5 et 6 représentent le fender Pfingst, adopté par le *Brooklyn City Railroad*, dans les deux positions où il est masqué, et où, au contraire, il est prêt à agir.

Un autre appareil de sécurité consiste dans les garde-roues ; cet appareil de protection est analogue à ceux qui sont employés en France.

L'adoption des fenders a préoccupé l'opinion publique dans un certain nombre de villes, et dans l'État de Mas-

sachusetts, un de ceux qui marchent à la tête du progrès, on a nommé une Commission spéciale pour déterminer les meilleurs fenders à imposer aux Compagnies de tramways. Après une étude attentive de la question, cette Commission, tout en reconnaissant l'utilité des appareils de sauvetage, déclinant la mission qui lui avait été confiée, n'a pas cru pouvoir assumer la responsabilité du choix d'un appareil déterminé et a conclu qu'il n'y avait pas lieu d'imposer un modèle plutôt qu'un autre aux Compagnies de tramways, afin de ne pas rendre illusoire la responsabilité qu'encourent ces Compagnies en cas d'accidents.

Pendant trois années, la Compagnie de la *West-End*, de Boston, suivant un rapport fait au Board of Railroad de l'État de Massachusetts, a eu 347 personnes renversées par des voitures de tramways électriques toutes munies de protecteurs. Sur ce nombre, 68,5 $^0/_0$ ne reçurent que des blessures insignifiantes ou ne furent pas blessées, 14,5 $^0/_0$ reçurent des blessures plus sérieuses, et seulement 17 $^0/_0$ furent tuées. On doit conclure de là que, s'ils n'empêchent pas complètement tout accident mortel, les protecteurs en diminuent le nombre. Il résulte, en effet, des renseignements donnés à la page 28 que, dans l'État de Massachusetts, le rapport des accidents mortels aux accidents de toute nature ne s'est pas élevé, en 1893, à moins de 12 $^0/_0$ sur les tramways électriques, tandis qu'avec les fenders ce rapport ne serait plus que de 1,7 $^0/_0$.

Dépenses du matériel roulant.

Les statistiques des tramways des trois États de l'Est donnent les résultats suivants pour les dépenses du matériel roulant comparées aux nombres de voyageurs transportés par kilomètre de voie :

ANNÉES	DÉPENSES KILOMÉTRIQUES DE MATÉRIEL		NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS PAR KILOMÈTRES	
	traction animale	traction électrique	traction animale	traction électrique
	MASSACHUSETTS (par kil. de voie).			
1892	10.300 fr.	27.700 fr.	45.400 v.	62.900 v.
1893	7.700	21.200	30.000	75.200
	NEW-YORK (par kil. de voie).			
1892	53.400	27.300	348.000	46.500
1893	41.100	17.000	332.800	51.300
	PENSYLVANIE (par kil. de ligne).			
1892	22.100	49.100	254.270	127.000
1893	22.800	39.500	251.250	93.900

En transformant les longueurs de lignes de l'État de Pensylvanie en longueurs de voies d'après les rapports des longueurs de lignes et de voies de l'État de New-York, en supposant que les dépenses de matériel varient proportionnellement aux nombres de voyageurs transportés par unité de longueur, et en ramenant les dépenses à ce qu'elles seraient d'après cette base pour 50.000 voyageurs transportés par kilomètre de voie, on arrive aux résultats suivants :

ANNÉES	DÉPENSES KILOMÉTRIQUES DE MATÉRIEL		RAPPORT des DÉPENSES
	traction animale	traction électrique	
MASSACHUSETTS.			
1892	11.300 fr.	11.000 fr.	
1893	12.800	14.800	
Moyennes......	12.050	12.900	1,08
NEW-YORK.			
1892	7.700	29.400	
1893	6.400	16.500	
Moyennes......	7.050	22.950	3,27
PENSYLVANIE.			
1892	11.700	44.400	
1893	12.200	48.300	
Moyennes......	11.950	41.350	3,47

La moyenne de ces trois rapports est 2,60, mais le rapport qui s'applique au premier État est trop différent de celui des deux autres pour qu'on puisse en conclure, d'une manière générale, que le matériel des tramways électriques coûte 2,6 fois plus aux États-Unis que le matériel des tramways à traction animale.

Les statistiques des trois États font ressortir, pour la moyenne des deux années, les prix suivants de voitures électriques et à chevaux :

	VOITURES		DIFFÉRENCE	RAPPORT des prix
	à chevaux	électriques		
Massachusetts.......	5.700 fr.	11.100 fr.	5.400 fr.	1,95
New-York..........	7.100	11.400	4.300	1,66
Pensylvanie........	6.100	20.100	14.000	3,29

Les petites voitures de 28 à 32 places coûtent 4 à 6.000 francs à chevaux et 10 à 15.000 francs à traction électrique. Les grandes voitures de 50 places à chevaux, pesant 3,5 à 4 tonnes à vide, se payent 5 à 7.000 francs ; les mêmes voitures électriques, avec deux moteurs de 15 chevaux, et à deux essieux, pesant 7,5 à 8 tonnes, ne représentent pas moins de 20 à 25.000 francs.

CHAPITRE IV.

LES TRAMWAYS A TRACTION ANIMALE.

Recrutement de la cavalerie.

On emploie aux États-Unis soit les chevaux, soit les mules, à la traction des tramways. C'est surtout le climat qui décide du choix entre les chevaux et les mules. C'est ainsi que dans le sud des États-Unis on emploie surtout des mules pour la traction des tramways, tandis qu'on ne voit guère que des chevaux dans le centre et dans le nord.

On achète généralement les chevaux de 5 à 6 ans.

Les chevaux attelés à deux pèsent de 4 à 500 kilogrammes; les chevaux attelés seuls, de 540 à 560 kilogrammes. Le poids des mules varie de 270 à 320 kilogrammes.

D'après M. C.-B. Fairchild, la couleur de la robe n'est pas indifférente. On doit préférer les chevaux gris pommelés, bais ou bruns; les chevaux noirs feraient un moins long service, et les chevaux alezans seraient plus délicats.

Plusieurs Compagnies de réseaux urbains suivent les règles suivantes pour l'admission des chevaux: achetés à l'essai pour une durée variable de 5 à 10 jours, les chevaux sont installés dans une écurie spéciale. Le surintendant relève sur un registre l'âge, le poids, la couleur des chevaux amenés, et le vétérinaire en fait l'examen. Pendant 1 jour ou 2 on leur donne une nourriture spéciale, on les fait promener dans une cour sablée attenant à l'écurie, où on étudie leurs allures, leur caractère et leurs dispositions; puis, on les met à un travail très modéré. Après les premiers essais, on rend le travail de plus en plus dur, jusqu'à la limite de la durée de l'essai. Ce n'est qu'à ce moment qu'on se prononce sur l'admission ou le rejet des chevaux.

Nourriture.

On donne généralement aux chevaux 4k,50 à 5k,50 de foin haché avec 6k,30 d'avoine et de maïs mélangés par moitié; cette ration est donnée en trois fois dans la journée. Dans les climats chauds, où on emploie les mulets, on fait usage avec succès d'une ration composée de 11k,50 à 12k,50 de foin et d'un mélange de maïs et d'avoine; en été, le maïs et l'avoine sont mélangés par parties égales, tandis qu'en hiver le maïs, plus nourrissant que l'avoine, est employé dans le mélange dans la proportion des quatre cinquièmes. D'une façon générale, on cherche à varier la nourriture des chevaux, et on change la proportion du maïs et de l'avoine de manière à éviter la monotonie et à exciter l'appétit.

Voici, à titre de spécimen, d'après M. C.-B. Fairchild, les nourritures données dans divers réseaux de différentes villes, et les parcours journaliers.

Chicago. — 1° 6k,30 de maïs et d'avoine mélangés,

3^{k},15 de foin haché. Le foin est mouillé et saupoudré de sel. Les repas ont lieu à 4 heures, 9 heures du matin et 2 heures du soir. Parcours journalier moyen, 26 kilomètres;

2° Ration d'été : 4^{k},50 de maïs, 2^{k},25 d'avoine, 340 grammes de son et 3^{k},60 de foin. Ration d'hiver : 5^{k},40 de maïs, 1^{k},40 d'avoine et autant de foin. Une partie du foin est hachée et mélangée ; une partie est mangée à l'état naturel. Trois repas par jour correspondant aux heures de service. Parcours journalier moyen, 29 à 33 kilomètres.

New-York. — 1° 4^{k},90 de tourteau et 3^{k},20 de foin haché. Dans le mélange, on ajoute une petite quantité de son et de sel. En été, le tourteau est formé d'un quart de maïs et de trois quarts d'avoine ; en saison moyenne, il contient un tiers de maïs et deux tiers d'avoine. Les repas ont lieu à 5 heures, 10 heures du matin et 4 heures du soir ; ils sont tous semblables. La ration d'hôpital et de travail réduit se compose de foin non haché et d'avoine écrasée bouillie. Le parcours journalier moyen est de 24 kilomètres;

2° 7^{k},90 de tourteau formé de 5 kilogrammes de maïs et de 2^{k},90 d'avoine, hachés ensemble, et 4^{k},50 de foin coupé, le tout additionné d'un peu de sel.

La ration du matin donnée à 6 heures, et la ration de nuit, donnée à 10 heures, consistent l'une et l'autre en 2^{k},25 de tourteau et 1^{k},10 de foin ; la ration du soir, à 4 heures, se compose de 3^{k},40 de tourteau et de 2^{k},25 de foin. En été, le repas de nuit est formé de 6 quarts d'avoine sèche ; dans cette saison, le travail est fait en deux reprises, tandis qu'en hiver il se fait en une seule fois. On donne un peu d'eau à chaque cheval dès qu'il revient du travail. Le parcours journalier moyen est de 26 à 29 kilomètres;

3° Pour de forts chevaux, attelés seuls, 7k,2 d'un mélange de maïs et d'avoine composé d'un tiers de maïs et de deux tiers d'avoine, 5k,40 de foin non haché. Heures de repas, 4 heures, 9 heures du matin, 4 heures du soir.

Brooklyn. — 1° En été, 6k,75 d'un mélange d'un tiers de maïs et de deux tiers d'avoine. En hiver, interversion des proportions. Mélange de 6k,75 de foin non haché avec le tourteau. Environ 1k,18 de sel pour cent chevaux. Heures des repas : matin, 5 heures et 10 heures ; soir, 4 heures. Poids de chaque ration, 4k,5, 3k,6 et 5k,4. Parcours journalier moyen, 26 kilomètres ;

2° Chaque jour, 5k,40 de maïs, 2k,70 d'avoine, 4k,5 de foin. Une partie de l'avoine est mangée l'hiver. En été, la nourriture est un peu moins abondante qu'en hiver. Parcours journalier moyen, 25 kilomètres. La durée moyenne de service des chevaux, d'après une statistique opérée sur une période de vingt ans, est de sept ans.

Philadelphie. — 7k,2 d'avoine de mai à octobre, et 8k,1 d'octobre à mai, 3k,6 de foin haché mélangé avec du maïs écrasé, et 2k,70 de foin non haché. En février et mars, une petite ration d'avoine, trois fois par semaine. En juillet et août, si le temps est chaud, on donne de l'avoine au lieu de maïs. Accidentellement, si le foin n'est pas suffisamment abondant, on le remplace par le son. Parcours journalier moyen, 35 kilomètres.

Washington. — Nourriture du matin 2k,25 d'avoine, autant de foin, une livre de son ; nourriture du milieu de la journée, 6 quarts d'avoine sèche ; nourriture du soir, 2k,25 de maïs, 2k,70 de foin, une livre de son. Le foin est haché et saupoudré d'un peu de sel.

Baltimore. — 6k,3 de maïs, 4 kilogrammes de foin

haché, avec un peu de sel, 3^{k},20 de foin haché. Trois repas à des heures réglées par le service. Parcours journalier moyen, 29 à 33 kilomètres.

Providence. — Heures des repas : matin, de 4^{h},30 à 5^{h},30, de 10 heures à 11^{h},30; soir, de 3^{h},30 à 5 heures. Le repas du matin se compose de 1^{k},35 d'avoine, autant de foin haché et 0^{k},80 de maïs. Au milieu du jour et le soir, 1^{k},35 de foin haché et 3^{k},8 de maïs et d'avoine dans la proportion de deux tiers de maïs et de un tiers d'avoine. Le poids de la litière est de 15^{k},8 par cheval et par mois. La nourriture est la même en été et en hiver. Les chevaux sont divisés en groupes de 16, sous la surveillance d'un palefrenier. Le parcours journalier moyen est de 17 à 24 kilomètres suivant les lignes.

Détroit. — 1^{k},8 d'avoine à 4 heures du matin; 1^{k},35 d'un mélange d'avoine, de maïs et de foin haché à 8 heures, avec un peu de son et de sel; 1^{k},8 d'avoine sèche à 1 heure du soir; à 5 heures, même nourriture qu'à 8 heures ; foin à 10 heures du soir. En tout, 4^{k},5 de foin chaque jour. Même nourriture en été et en hiver. Parcours journalier moyen, 20 à 32^{k},5.

Milwaukee. — 2^{k},6 de maïs, 1^{k},8 d'avoine, 0^{k},50 de son, 1^{k},8 de foin haché, 5 kilogrammes de foin, 5 kilogrammes d'avoine sèche; en tout, 13^{k},7 de nourriture par jour. Heures des repas: matin, 5 heures et 11 heures; soir, 5 heures. Parcours moyen, 38 kilomètres et demi.

Nouvelle-Orléans. — 1° On n'a plus, dans cette ville, que des mulets : 6^{k},3 d'avoine, autant de foin d'octobre à mai, 5^{k},4 le reste de l'année. Heures des repas : matin, 4 heures et 10 heures; le soir, 2 heures et 5 heures. Un

palefrenier est chargé de douze mules. Pas de litière. Le parcours journalier est de 29 kilomètres.

2° En été, 5^k,4 d'avoine et 0^k,9 de maïs mélangés, et 5 kilogrammes de foin non haché. En hiver, 5 kilogrammes d'avoine, 1^k,35 de maïs, 5 kilogrammes de foin non haché, en tout 11^k,35. Heures des repas, 7^h,30 du matin et 5^h,30 du soir. Parcours journalier : 32 kilomètres en hiver, 29 kilomètres en été.

Oakland. — A 5 heures du matin, 4 quarts d'avoine ; à 11 heures du matin 2 quarts, à 4 heures 4 quarts, alternant, le jour suivant, avec 6 quarts d'un mélange de 1 de son, 6 de foin haché et 6 d'orge. Chaque jour, environ 5^k,4 de foin à 8 heures du soir. En été, on donne plus de tourteau et moins d'orge. On fait boire chaque cheval avant de manger. 25 à 32 kilomètres par jour, d'une seule traite. Le pansement se fait chaque matin.

Comme comparaison avec les pratiques américaines, nous nous bornerons à faire connaître qu'à Lyon la ration se compose de 8 kilogrammes d'avoine, 6 kilogrammes de foin et 3 kilogrammes de paille. Les heures des repas sont 4 heures et 10 heures du matin et 4 heures et demie du soir. Le parcours journalier est de 22^k,500, et le nombre des années de service, de 6 ans et demi. Le prix d'achat est de 1.000 francs en moyenne.

Parcours journalier et durée de service.

Le parcours journalier d'un cheval de tramway varie de 16 à 35 kilomètres. Le type du parcours journalier est de 16 kilomètres pour un cheval attelé seul, et de 24 kilomètres pour les attelages à deux, avec un jour de repos par semaine. Au-delà de ce parcours, le recrutement des chevaux est difficile, et leur emploi cesse d'être écono-

mique. Par des temps froids, le travail est fait en une seule fois, tandis que, lorsque la température est très chaude, on préfère le répartir en deux séances. Quand les écuries ne sont pas établies dans des emplacements favorables, on établit à des endroits convenables des postes de relais, avec abris, de façon que les chevaux ne puissent pas être exposés à la pluie ou au froid.

On admet que la vie d'un cheval de tramway est prolongée de 20 à 30 % si, en été, on le fait reposer entre les courses dans une écurie, si on le débarrasse de ses harnais et si on lui fait des ablutions d'eau froide.

Les chevaux du service de nuit sont placés généralement dans une écurie séparée et tranquille, de façon qu'ils puissent dormir pendant le jour.

Écuries.

On considère la paille de seigle battu à la main comme la meilleure litière ; on emploie aussi la paille d'avoine, de riz, des branches de sapin, des copeaux de bois et de la tourbe de Hollande.

Les copeaux de pin donnent du fumier qui a un pouvoir moins fertilisant ; la tourbe est un bon absorbant et est d'un emploi économique.

Toute écurie bien ordonnée, dans laquelle on emploie de la paille, est pourvue de cages disposées pour sécher et aérer le fumier. Ces cages, d'environ 3 mètres de longueur et 1 mètre de largeur, sont assez vastes pour contenir la litière de six ou huit chevaux ; elles sont suspendues au plafond par des poulies mouflées, de façon à pouvoir être manœuvrées facilement.

L'usage de désinfectants, en été, est recommandé dans les grandes écuries ; on emploie à cet effet le phénol, le plâtre, la chaux, seuls ou en mélange.

On attache une grande importance à assurer une large ventilation dans les installations d'écuries.

Les ventilateurs et les cheminées d'appel doivent être disposés de façon à ce que les chevaux ne reçoivent pas directement le courant d'air froid. On place des bouches de ventilation aux extrémités des couloirs, et on les dispose de manière à ce qu'elles puissent facilement être ouvertes ou fermées au moyen de cordes.

Dans les grandes écuries, on active la ventilation au moyen de turbines mues par la vapeur. L'air est envoyé dans des tuyaux en fer galvanisé placés le long des parois avec des ouvertures au-dessus des stalles. Dans quelques écuries, on place des bouches d'appel au niveau du plancher, où se condensent les gaz lourds. Les cheminées d'appel sont faites avec des planches de pin, avec joints imperméables.

A l'inverse de ce qui se passe en France, où les écuries sont toujours au rez-de-chaussée, les stalles pour les chevaux sont établies indifféremment au rez-de-chaussée, au second ou au troisième étage. Elles sont établies sur un sol bien imperméable, avec des rigoles convenablement aménagées. On donne la préférence aux stalles doubles ; les séparations placées entre les chevaux sont faites avec des châssis mobiles d'au moins $2^{m},50$ de hauteur et 7 mètres de longueur. Les stalles simples ont $1^{m},20$ à $1^{m},50$ de largeur. Les parois de séparation n'ont pas moins de $1^{m},20$ de hauteur et sont plus élevées au droit de la tête des chevaux, afin que les chevaux ne puissent pas se blesser.

Les planchers sont faits habituellement avec des bois de peupliers coupés en plateaux de $0^{m},10$ à $0^{m},12$ de largeur et $0^{m},05$ d'épaisseur, placés avec des vides de 15 millimètres, afin que l'urine puisse passer par les interstices sans rester dans la litière. On forme avec avantage ces planchers au moyen de deux panneaux mobiles,

pouvant se rabattre sur les côtés et permettant de nettoyer le plancher imperméable, au-dessus duquel les stalles sont établies, avec un intervalle de 4 à 5 centimètres. Le plancher imperméable présente une certaine inclinaison de la tête au pied.

Les rigoles sont faites habituellement en bois, ont $0^m,10 \times 0^m,30$, et présentent une pente suffisante pour assurer le drainage. Elles sont recouvertes de planches percées d'ouvertures pour laisser passer le purin.

Souvent les stalles sont établies face à face, avec un passage entre la tête des chevaux. On donne assez de largeur à ce passage pour qu'un chariot puisse y circuler pour le transport de la nourriture des chevaux. On évite d'établir les stalles face aux murs. Lorsqu'il n'y a pas de passage entre les stalles, le chariot qui porte la nourriture des chevaux est établi sur une voie étroite, au-dessus des auges.

Les impuretés des écuries sont conduites généralement dans les égouts des villes, au moyen d'une canalisation formée de tuyaux de fonte, de préférence à la brique.

La *fig.* 7 de la Pl. 8 représente des écuries établies dans des villes où le sol est bon marché, et où, par suite les écuries sont placées au rez-de-chaussée à côté de la remise des voitures.

Les *fig.* 8 et 9 représentent une installation relative à une ville plus importante dans laquelle la remise des voitures est au rez-de-chaussée et l'écurie au premier étage.

Comme les incendies sont fréquents aux États-Unis, on prend de grandes précautions pour en prévenir les effets. C'est ainsi que les grandes écuries sont divisées en sections par des murs en briques avec des portes automatiques en fer permettant de les isoler les unes des autres. Des précautions analogues sont prises pour les forges, les ateliers de réparations, de peinture, le magasin à huile.

Pour arrêter l'effet des incendies, on place des grenades

et des produits chimiques dans des endroits convenables, pour être employés au premier signal. On installe aussi fréquemment, avec valves de distance en distance, une canalisation spéciale qui débite de l'air comprimé ou un mélange liquide non susceptible de geler. Parfois, au lieu de valves on a recours à des joints fusibles qui, en cas d'incendie, laissent échapper l'air comprimé ou le liquide.

On étudie à l'avance le mode d'évacuation des écuries, de manière que hommes et chevaux puissent sortir dans le moins de temps possible.

A cause des incendies, on donne la préférence à l'éclairage électrique par incandescence, toutes les fois que cela est possible. Ensuite, vient le gaz. Quand on emploie des lampes à huile, on prend les plus grandes précautions pour éviter les incendies.

Comme annexes des écuries, les installations de greniers à fourrage sont établies avec les mêmes soins. Le grain est étendu dans de grands espaces, et on évite de l'empiler. Dans les grandes écuries, on établit des élévateurs à grains, sous lesquels les voitures déposent leurs chargements.

Pour moudre le grain, couper le foin, et actionner les élévateurs, on a recours à la force des chevaux, du gaz, de la vapeur ou de l'électricité. Les chaudières et les machines à vapeur sont placées, dans ce dernier cas, dans un bâtiment séparé, ou tout au moins dans une partie des bâtiments qui soit à l'abri du feu.

Remises des voitures et ateliers de réparations.

On place, quand on le peut, la remise au rez-de-chaussée, mais, néanmoins, on en installe aussi aux étages supérieurs et on monte les voitures au moyen d'élévateurs. Les remises sont fermées avec soin, de manière à être

mises à l'abri des odeurs d'écuries, pour éviter la destruction de la peinture par les gaz délétères et l'infection des voitures. On attache une grande importance à ce que les remises soient munies, toutes les fois que cela est possible, d'une fosse à laver les voitures, partant de ce fait que la saleté d'une voiture correspond à une adjonction du poids d'un ou de deux voyageurs.

Là où il n'y a pas de chaudières, on installe habituellement des bouilleurs d'eau, de façon qu'il y ait toujours de l'eau chaude pour laver les voitures.

Dans certains cas, on trouve plus économique d'acheter au dehors tout ce qui est nécessaire à la réparation des voitures; dans d'autres cas, au contraire, on fait confectionner aux ateliers tout ce dont il est besoin; il n'y a pas de règle générale à ce sujet.

Généralement les voitures sont vernies tous les ans et repeintes tous les trois ou quatre ans.

Dépenses de construction.

Les renseignements recueillis sur les dépenses de construction comme sur les recettes et les dépenses d'exploitation des tramways à traction animale ne concernent que les trois États de Massachusetts, New-York et Pensylvanie. Ils s'appliquent toutefois à un réseau assez étendu pour qu'ils présentent un intérêt réel.

Pour 1892 et 1893, les dépenses de premier établissement des tramways à chevaux des trois États se résument comme il suit, ces dépenses étant rapportées aux longueurs de voies pour l'État de Massachusetts, de lignes pour l'État de Pensylvanie et aux deux pour l'État de New-York :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	LONGUEURS CONSTRUITES de voies ou de lignes	DÉPENSES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT par kilomètre minimum	maximum	moyennes
		MASSACHUSETTS (par kil. de voie).			
		kil.	fr.	fr.	fr.
1892	20	162,78	20.800	165.300	60.000
1893	7	44,85	21.400	70.700	48.300
		NEW-YORK (par kil. de voie).			
1892	43	548,48	20.000	859.000	527.600
1893	39	481,45	12.000	710.400	322.700
		NEW-YORK (par kil. de ligne).			
1892	43	321,89	20.100	1.432.200	899.700
1893	39	304,82	12.000	1.420.800	509.700
		PENSYLVANIE (par kil. de ligne).			
1892	20	353,47	35.800	192.700	102.800
1893	14	292, »	40.300	195.000	102.700

En admettant un rapport de 1 à 0,60 entre les longueurs de voies et de lignes, les chiffres précédents de l'État de Pensylvanie seraient remplacés approximativement par les suivants, qui dénotent une assez grande concordance avec les résultats relatifs à l'État de Massachusetts :

		kil.	fr.	fr.	fr.
1892	20	589,8	21.500	115.600	61.700
1893	14	486,6	24.200	117.000	61.600

Dans ces deux États, la dépense par kilomètre de voie est en moyenne, et en arrondissant les chiffres, de 60.000 francs, variant entre un minimum de 20.000 francs et un maximum de 100.000 francs ; par kilomètre de ligne, cette dépense moyenne est de 100.000 francs, oscillant entre 35.000 et 200.000 francs.

Les dépenses moyennes des tramways de l'État de New-York sont beaucoup plus élevées, bien que les dépenses minima ne soient pas supérieures à celles des autres États. Cela tient à ce que la proportion des tramways urbains aux tramways suburbains est beaucoup plus considérable dans le premier de ces États, à cause des deux si importantes villes de New-York et de Brooklyn. A New-York, certaines lignes de tramways ont coûté des sommes énormes; par exemple, celles des 3e et 6e avenues, de la 42e rue et du Central-Crosstoun, ont entraîné, par kilomètre de ligne, des dépenses de 1.850.000 francs, 1.580.000 francs, 1.150.0000 francs et 1.090.000 francs. Ces dépenses comprennent, il est vrai, les dépenses d'indemnités de terrains et de dommages, qui se sont élevées parfois à 700.000 fr. par kilomètre. Il n'est pas étonnant qu'avec de pareilles dépenses de construction pour quelques lignes la moyenne de l'État de New-York pour 1892 ne soit pas inférieure à 527.600 francs et 898.700 francs par kilomètre de voie et de ligne.

Les écarts considérables de dépenses que nous venons de relever montrent que, pour les lignes établies dans l'intérieur des villes ou dans leurs banlieues, il est impossible aux États-Unis, comme il l'est, d'ailleurs, aussi en France, de baser l'évaluation d'une ligne de tramways, même comme simple avant-projet, sur les dépenses moyennes relevées dans d'autres villes. Quand il s'agit, au contraire, de tramways à établir en rase campagne, dans des conditions tout à fait normales, on peut évaluer la dépense à 20.000 francs par kilomètre de voie, puisque c'est le minimum constaté dans chacun des trois États.

Dans leur ouvrage sur les chemins de fer en Amérique, MM. Lavoinne et Pontzen ont donné les frais de construction d'un certain nombre de lignes dans les trois États américains de l'Est et les ont comparés aux frais de même nature de quelques lignes françaises ou anglaises. Nous

donnons ces renseignements dans les tableaux des pages 1 à 6 de l'annexe 3, bien que, en raison du petit nombre de lignes auxquelles ils s'appliquent, il n'y ait aucune comparaison intéressante à en faire avec les résultats donnés pour 1892 et 1893.

D'après les statistiques du Ministère des Travaux publics, les frais de construction des tramways français ont varié, entre 1888 et 1892, de 233.000 francs à 195.000 francs, avec une tendance à diminuer, puisque le chiffre le plus bas s'applique à l'année 1892. Plusieurs raisons expliquent cette tendance : d'abord, c'est dans les grandes villes que les premières lignes ont été construites, et, par suite, c'est en rase campagne qu'il en reste surtout à établir; ensuite, depuis quelques années, la traction mécanique se développe en France, principalement dans les villes, de sorte que, pour cette raison comme pour la précédente, c'est surtout en dehors des grands centres, dans des conditions par conséquent moins coûteuses, que les tramways à chevaux peuvent se développer, abaissant ainsi graduellement la moyenne des dépenses de construction de cette catégorie de tramways.

Comme pour les États-Unis, les moyennes françaises résultent de nombres fort différents. C'est ainsi que le réseau de Marseille a coûté 424.000 francs par kilomètre ; celui de l'intérieur de Paris, 380.000 francs; celui de Toulon, 210.000 francs; celui du Havre, 200.000 francs; celui de Lyon, 105.000 francs; tandis que, pour les tramways de Versailles, la dépense n'a été que de 18.000 francs.

D'une manière générale, les tramways à chevaux ont été établis à moins de frais aux États-Unis qu'en France, bien que la main-d'œuvre y soit beaucoup plus chère. La modicité des prix moyens d'établissement des tramways américains apparaît encore davantage, si on compare ces tramways à ceux de l'Angleterre, encore plus coûteux que

les tramways français (*). En 1889, en effet, l'Angleterre possédait 1.525 kilomètres de ligne et 2.180 kilomètres de voies de tramways de toute nature, pour lesquels les dépenses de construction s'étaient élevées à 226.000 francs par kilomètre de ligne et à 158.000 francs par kilomètre de voie, tandis qu'à la fin de la même année les tramways français, également de toute catégorie, n'avaient coûté que 153.000 francs par kilomètre de ligne pour un ensemble de 789 kilomètres, et les tramways à chevaux seulement 120.000 francs.

Si on fait abstraction des prix si élevés de quelques lignes urbaines, on est en droit de dire que les tramways à chevaux sont généralement construits économiquement aux États-Unis. Ce résultat doit être attribué à l'établissement plus sommaire des voies et du pavage, aux dimensions plus petites des voitures, et au bas prix des chevaux. Par contre, il est peu de voies de tramways à chevaux qui puissent supporter la transformation en voies à traction mécanique sans être remaniées et refaites complètement, tandis qu'en France il en est tout autrement. Nous avons eu l'occasion de voir à Lyon des voies de tramways à chevaux transformées en voies à traction à vapeur et électrique sans autre modification que la réunion des rails par un conducteur pour l'établissement du courant de retour, dans le cas de la traction électrique.

Décomposition des dépenses de construction. — Nombre de chevaux et voitures par kilomètre.

En décomposant les dépenses de premier établissement dans les deux principaux éléments qui les constituent : voies, bâtiments compris, d'une part, et matériel roulant,

(*) Résultats de l'exploitation des tramways en France et en Angleterre. *Annales industrielles*, 1er et 8 novembre 1891.

cavalerie comprise, d'autre part, on constate les résultats suivants dans les trois États américains :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	LONGUEURS de voies ou de lignes	DÉPENSES de la voie par kil.	de la voie °/o	du matériel par kil.	du matériel °/o
		MASSACHUSETTS (par kilomètre de voie).				
		kil.	fr.		fr.	
1892	20	162,78	49.750	83	10.250	17
1893	7	44,85	40.650	84	7.700	16
		NEW-YORK (par kilomètre de voie).				
1892	43	548,48	474.200	90	53.400	10
1893	39	481,45	281.600	87	41.100	13
		PENSYLVANIE (par kilomètre de ligne).				
1892	20	353,47	80.700	79	22.100	21
1893	14	292 »	79.900	78	22.800	22

Même en faisant abstraction des tramways de l'État de New-York, on voit que le matériel représente beaucoup moins que la moitié de la dépense totale. La modicité relative des dépenses du matériel roulant aux États-Unis doit provenir, comme nous l'avons dit plus haut, du bas prix des chevaux et des dimensions plus réduites des voitures.

Dans les exemples cités par MM. Lavoinne et Pontzen, dans le tableau annexe 11, les proportions des dépenses de matériel s'écartent peu de celles que nous donnons ci-dessus, sauf pour l'État de Massachusetts dont la plupart des lignes ont été transformées, entre les deux statistiques, en tramways électriques.

La proportion des dépenses de matériel des tramways à chevaux d'Amérique se rapproche de celle des tramways français pour voyageurs, bagages et messageries, pour lesquels cette proportion serait de 0,16 et 0,37, ainsi que de

la proportion applicable à l'ensemble des tramways anglais.

Sur ces tramways, en effet, en 1889, les dépenses de construction se sont décomposées comme il suit :

Voies	263.346.206 fr.
Chevaux, 27.060	20.135.749
Locomotives, 529	10.079.576
Voitures, 3.645	16.828.953
Droits de régie	18.593.924
Dépenses diverses	15.636.576
Total	344.620.984 fr.

Sur cet ensemble les dépenses qui se rapportent aux chevaux, locomotives et voitures n'entrent que pour environ 17 %.

D'après les *Annales industrielles*, les dépenses de matériel des tramways français pour voyageurs seraient beaucoup plus élevées, puisqu'elles n'auraient pas atteint moins de 58 % de la dépense totale, en 1889, pour les tramways à traction animale, et 53 % pour les tramways à traction mécanique.

Les renseignements fournis par les statistiques du Ministère des Travaux publics ne nous permettent pas de contrôler l'exactitude de ces chiffres pour ces dernières années, mais les chiffres suivants, relatifs à l'exploitation des tramways de Lyon en 1894, ne s'éloignent pas des proportions constatées dans les États de Massachusetts et de Pensylvanie.

LONGUEURS de lignes	LONGUEURS de voies	DÉPENSES par kilomètre de ligne				DÉPENSES par kilomètre de voie	
		voie	%	matériel	%	voie	matériel
kil. 63.475	kil. 80.068	fr. 109.340	82	fr. 23.520	18	fr. 86.850	fr. 18.650

Les statistiques des trois États américains donnent les résultats suivants, au point de vue du nombre des voitures et des chevaux par kilomètre de voie ou de ligne :

ANNÉES	NOMBRES de lignes	LONGUEURS des voies ou des lignes	NOMBRE PAR KILOMÈTRE de voitures	de chevaux
		MASSACHUSETTS (par kilomètre de voie).		
1892	20	163k,52	2 »	6 »
1893	7	45 ,59	1,5	4,6
		NEW-YORK (par kilomètre de voie).		
1892	43	657k,14	4,7	28 »
1893	39	690 ,13	4,5	25,6
		NEW-YORK (par kilomètre de ligne).		
1892	43	377k,45	8 »	46,6
1893	39	416 ,89	7,5	42,6
		PENSYLVANIE (par kilomètre de ligne).		
1892	20	353k,47	2,5	16,9
1893	14	292	2,7	16,3

Nous pensons que les résultats constatés dans les États de Massachusetts et de New-York doivent être considérés comme des minima et des maxima.

En Angleterre, le nombre de voitures n'était que de 2,4, en 1889, par kilomètre de ligne.

Les statistiques du Ministère des Travaux publics ne donnent pas de renseignements à ce sujet. Nous savons seulement que les tramways de Lyon ont 2 voitures et 16 chevaux par kilomètre de ligne, et 1,6 voiture et 13 chevaux par kilomètre de voie.

A Paris, les tramways de Paris et du département de la Seine possèdent, pour 80k,9 de voies simples, 9,6 chevaux par kilomètre de voie, et la Compagnie Générale parisienne des tramways a, pour 76k,6, 17,2 chevaux par kilomètre de voie simple et 1,3 voiture.

Ces nombres ne s'éloignent pas beaucoup des résultats constatés sur les tramways de l'État de Pensylvanie, dont les recettes sont elles-mêmes à peu près semblables aux recettes moyennes des tramways français, et en particulier à celles des tramways de Lyon et des Compagnies parisiennes mentionnées ci-dessus.

Recettes brutes. — Nombre de voyageurs transportés.

Les résultats donnés par les statistiques américaines se résument comme il suit :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	KILOMÈTR. de voies ou de lignes	NOMBRES DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS par kilomètre			RECETTES BRUTES	
			Minimum	Maximum	Moyenne	par kilomètre	par voyageur
		MASSACHUSETTS (par kilomètre de voie).				fr.	fr.
1892	20	163,52	5.474	131.939	45.355	16.472	0 279
1893	7	45,59	1.611	81.548	30.011	7.719	0 296
		NEW-YORK (par kilomètre de voie).					
1892	43	657,14	4.284	1.632.037	348.424	89.055	0 255
1893	39	690,13	5.040	742.334	332.836	83.246	0 250
		NEW-YORK (par kilomètre de ligne).					
1892	43	377,45	4.284	3.264.074	616.700	154.879	0 255
1893	39	416,89	5.040	1.156.646	563.741	137.825	0 250
		PENSYLVANIE (par kilomètre de ligne).					
1892	20	353,47	6.878	647.617	254.270	56.928	0 223
1893	14	292 »	35.749	627.059	251.252	54.162	0 214

Le nombre des voyageurs et avec lui la recette brute kilométrique varient, comme on le voit, dans des limites considérables. Les recettes atteignent, d'ailleurs, des chiffres plus élevés qu'en France ; c'est ainsi que les

recettes moyennes de New-York ont atteint 89.000 francs par kilomètre de voie, tandis que, sur les tramways de Paris, cette recette moyenne a été seulement, en 1893, de 62.500 francs.

On constate sur les tramways de Massachusetts une circulation assez faible, et ce résultat n'est pas fait pour étonner, si l'on songe que presque tous les tramways de Boston et des villes voisines sont actionnés maintenant par l'électricité. Les tramways des États de Pensylvanie accusent une fréquentation stationnaire de 250.000 voyageurs transportés, correspondant à une recette de 55.000 francs par kilomètre de ligne.

Les tramways à chevaux français ont donné, en 1892, une recette brute moyenne de 60.000 francs par kilomètre de ligne, notablement supérieure à celle de l'État de Massachusetts, représentant moins de la moitié de celle de l'État de New-York, à peu près égale à celle de l'État de Pensylvanie. Sans avoir de données précises à cet égard, nous estimons que la moyenne de circulation des tramways de ce dernier État doit représenter assez bien la moyenne générale des États-Unis, de telle façon que la fréquentation des tramways américains à chevaux, après la transformation de beaucoup des lignes les plus fréquentées en lignes à traction mécanique, ne doit pas s'éloigner beaucoup, suivant nous, de la fréquentation des tramways français.

Les recettes des tramways à chevaux d'Angleterre ne paraissent pas elles-mêmes très supérieures à celles des tramways à chevaux de France. En effet, en 1889, les recettes brutes des tramways de toute catégorie étaient de 49.263 francs en Angleterre, contre 41.187 francs en France, et on peut admettre le même rapport entre les recettes des tramways à chevaux et d'autres catégories en Angleterre et en France, ou tout au moins des rapports peu différents. Il y a donc lieu de penser, par con-

séquent, que la fréquentation et les recettes brutes moyennes des tramways à chevaux des États-Unis, de France et d'Angleterre, ne diffèrent pas beaucoup en ce moment les unes des autres.

Nous ferons remarquer que les recettes par voyageur s'écartent peu de 0f,25, ou 5 cents aux États-Unis, ce qui confirme ce que nous disions plus haut, que le tarif de 5 cents est le plus généralement adopté dans ce pays. En ce qui concerne la recette par voyageur de l'État de Pensylvanie, un peu inférieure à 5 cents, il y a lieu de faire observer que, par suite des voyageurs non payants, le tarif réel est un peu supérieur au résultat de la division de la recette brute par le nombre de voyageurs; en rectifiant les nombres de voyageurs, il est certain qu'on obtiendrait un résultat plus voisin de 5 cents.

La même constatation avait été faite par MM. Lavoinne et Pontzen, comme on le voit par l'inspection de la page 2 de l'annexe 3. A part une seule exception, toutes les recettes brutes par voyageur mentionné sont comprises entre 0f,248 et 0f,328.

Les pages 5 et 6 de l'annexe donnent les recettes brutes kilométriques relevées à la même époque par ces ingénieurs. Bien que la comparaison précise des résultats qui figurent sur ce tableau avec ceux des statistiques de 1892 et 1893 soit rendue difficile par le petit nombre de lignes mentionnées sur le premier relevé et par les modifications apportées au mode de traction de plusieurs de ces lignes, il semble résulter de cette statistique que, de 1880 à 1892, la circulation des tramways a sensiblement augmenté dans les États de New-York et de Pensylvanie; celle de l'État de Massachusetts a été notable également; mais, pour la constater, il faudrait comparer les résultats des tramways à chevaux de 1888 avec ceux des tramways électriques de 1893.

Les statistiques que nous possédons permettent, d'ail-

leurs, pour quelques lignes, une comparaison entre les deux époques.

DÉSIGNATION DES LIGNES	KILOMÈTRES DE LIGNES	NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS en 1888	NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS en 1893
	NEW-YORK.		
2e avenue.........	16 k. 1	13.570.955	19.647.704
8e avenue.........	15 3	15.143.048	15.749.457
9e avenue.........	9 8	1.784.345	5.007.856
	PENSYLVANIE.		
Hestouville, Mantua and Fairmount..	30 k. 6	6.646.336	6.688.055
13e et 15e rues.....	17 »	3.929.259	4.872.735

Dépenses d'exploitation.

Les statistiques des tableaux annexes se résument de la façon suivante en kilomètres et francs :

ANNÉES	DÉPENSES moyennes par kilomètre de voie ou de ligne	COEFFICIENT D'EXPLOITATION minimum	maximum	moyenne	DÉPENSES par voyageur transporté	DÉPENSES par kilomètre-voiture	REVENU % du capital engagé
		MASSACHUSETTS (par kilomètre de voie).					
1892	13.418	0,28	2,89	0,81	0,22	0,74	3,95
1893	6.728	0,28	2,24	0,87	0,25	0,59	2,70
		NEW-YORK (par kilomètre de voie).					
1892	64.895	0,42	1,65	0,73	0,186		5,46
1893	58.861	0,57	1,77	0,71	0,181		10,98
		PENSYLVANIE (par kilomètre de ligne).					
1892	35.696	0,43	1,78	0,63	0,150	0,38	21,90
1893	54.162	0,54	1,20	0,65	0,144	0,51	19,63

Le coefficient d'exploitation s'abaisse, pour certaines lignes, à moins de 0,40 et même 0,30, tandis que, sur d'autres lignes, les recettes ne suffisent pas à couvrir les frais d'exploitation.

Si les résultats moyens constatés dans le premier État diffèrent notablement de ceux des deux autres, c'est que les intensités de transports y sont elles-mêmes très inférieures. La moyenne des coefficients d'exploitation variant, pour les États de New-York et de Pensylvanie, entre 0,63 et 0,73, il n'y a rien d'étonnant à ce que cette moyenne oscille entre 0,80 et 0,90 pour l'État de Massachusetts.

En tenant compte de la circulation des tramways français, on devrait arriver par analogie à un coefficient compris entre 0,60 et 0,70, tandis que les résultats de 1892, pour les tramways à chevaux, accusent un coefficient de 0,90.

Si l'exploitation des tramways français à chevaux est plus coûteuse que celle des États-Unis, d'une façon générale l'exploitation des tramways français de toute catégorie l'est également plus que celle des tramways de l'Angleterre. Voici les chiffres comparatifs relatifs à 1889 :

	DÉPENSES de construction	RECETTES brutes	DÉPENSES d'exploitation	COEFFICIENT d'exploitation	REVENU du capital engagé
Angleterre.	225.877 fr.	49.263 fr.	37.448 fr.	0,76	5,22
France	153.397	41.187	34.166	0,83	3,97

A propos des résultats de la dernière colonne, il convient de remarquer que les rapports % du produit net aux capitaux engagés qui y sont indiqués ne représentent pas les dividendes distribués. Cette observation est sur-

tout vraie pour les tramways d'Amérique. Outre que, dans le calcul de ces rapports, on ne tient pas compte des sommes à prélever pour le service d'intérêts et d'amortissement des obligations, non plus que des réserves destinées au renouvellement des voies et du matériel, il arrive souvent aux États-Unis, par suite de l'affranchissement d'un contrôle financier, que des Compagnies distribuent des dividendes qu'elles ne gagnent pas et qu'au contraire d'autres Compagnies emploient en améliorations, transformations ou extension de leur réseau, une partie plus ou moins importante de leurs bénéfices.

Malgré cela, les nombres des dernières colonnes sont très intéressants à connaître, car, au point de vue financier, ils forment la base de comparaison la plus rationnelle de diverses lignes de tramways.

A ce point de vue, on constate que les tramways à chevaux du Massachusetts rendent moins que les tramways français, ce qui s'explique naturellement par leur moindre circulation, mais que, par contre, ceux de New-York et de Pensylvanie rendent beaucoup plus.

Les tableaux annexes 7 à 12 permettent d'établir une certaine comparaison entre les conditions d'exploitation et les produits des années 1892 et 1893. Dans l'une comme dans l'autre année, ce sont les tramways de Pensylvanie qui assurent, en général, les plus beaux bénéfices aux capitaux engagés. Ces tramways ayant une circulation très active, quoique inférieure à celle des tramways de l'État de New-York, étant exploités plus économiquement et ayant nécessité une dépense de construction notablement moindre, il ne pouvait pas en être autrement.

La manière la plus sûre d'apprécier la valeur d'un système de traction consiste, suivant l'opinion très rationnelle des ingénieurs qui se sont occupés de la question, à comparer les prix de revient du kilomètre-voiture.

Ces prix de revient ont été, en moyenne, en 1892 et 1893, de $0^f,59$ à $0^f,74$ dans l'État de Massachusetts, et seulement de $0^f,38$ à $0^f,51$ dans celui de Pensylvanie.

Il y a lieu de remarquer, si l'on envisage pour chacun des deux États la moyenne des deux années considérées, que le prix de $0^f,66$ de l'État de Massachusetts correspond à une circulation très faible de 16.600 kilomètres-voitures par kilomètre de voie, tandis que le prix de $0^f,45$ de l'État de Pensylvanie s'applique à une circulation moyenne de 57.600 kilomètres-voitures ramenés également au kilomètre de voie. On peut conclure de là que le prix de $0^f,45$ à $0^f,50$ peut être considéré comme un prix moyen, et que celui de $0^f,66$ est rarement dépassé.

Les statistiques du Ministère des Travaux publics ne donnent pas ce prix de revient pour les tramways de France. Les tramways de Lyon ont été exploités, en 1893, à raison de $0^f,69$ par kilomètre-voiture. Ce résultat n'est pas très inférieur à celui qui a été donné, pour la même année, par les tramways de Pensylvanie, avec des recettes à peu près semblables.

	RECETTE BRUTE kilométrique	PRIX du kilomètre-voiture
Tramways de Pensylvanie.	54.160 fr.	0 fr. 51
— de Lyon	52.440	0 69

On pourrait conclure de là que les tramways américains ne présentent pas de supériorité notable sur les tramways français en tant que résultats d'exploitation (ce qui serait en contradiction avec ce que nous avons dit plus haut), s'il n'y avait pas lieu de remarquer que le coefficient d'exploitation des tramways de Lyon a été, en 1893, de $0^f,73$, contre une moyenne générale de $0^f,90$

pour l'ensemble des tramways français. On ne peut donc pas étendre à l'ensemble du réseau les résultats des tramways de Lyon ; mais ces résultats ne paraissent pas être une exception, si l'on en juge par les coefficients d'exploitation, qui ont oscillé autour de 0,73, à Nice, Tours et Nancy, et ont été moindres encore à Roubaix, Tourcoing et Reims.

En Angleterre, le prix de revient du kilomètre-voiture des tramways de toute nature a été, en 1889, de 0f,60.

Décomposition des dépenses d'exploitation.

En 1893, les dépenses d'exploitation des tramways à chevaux des États de Massachusetts et de New-York se sont décomposées comme il suit, les dépenses de traction comprenant les dépenses d'entretien et de renouvellement des chevaux, mais pas celles du personnel attaché à la traction :

	VOIE	MATÉRIEL	TRACTION	PERSONNEL	FRAIS DIVERS
Massachusetts..	2,8	2,5	32,1	50,9	11,6
New-York	3,8	4,3	30,3	54,5	7,1

Ces résultats confirment les remarques déjà faites par MM. Lavoinne et Pontzen. La dépense d'entretien de la voie n'a été que de 2,5 à 4,3 %, tandis que, pour l'ensemble des tramways de toute nature français, elle a été, en 1889, de 7,1 %, non compris la réserve pour le renouvellement de la voie et du matériel, et de 14 % y compris cette réserve, et qu'en Angleterre elle a atteint 6,3 % pendant la même année.

Mais c'est surtout la dépense d'entretien de la cava-

lerie qui est très faible aux États-Unis. MM. Lavoinne et Pontzen l'évaluaient, en 1886, de 30 à 40 %, avec tendance au relèvement. Les statistiques de 1893 montrent que cette tendance ne s'est pas produite, puisque cette dépense oscille entre 30,3 et 32,1 %. D'après M. Clarke, les dépenses de cavalerie des tramways anglais sont de 50 à 60 % ; et, d'après M. Chemin, celles des tramways de Paris s'élèvent de 46 à 71 %. En 1893, la dépense de traction des tramways de Lyon, non compris le personnel attaché à la traction, a représenté 41 % de la dépense totale ; ce résultat, satisfaisant si on le compare au précédent, est encore assez notablement inférieur à celui qu'on constate aux États-Unis.

Le prix de la nourriture d'une journée de cheval ne ressort qu'à 1f,40 dans l'État de Massachusetts et à 1f,70 dans celui de New-York. Il diffère peu de celui de 1f,40 donné par MM. Lavoinne et Pontzen comme maximum général et de celui de 2 francs mentionné pour les villes de New-York et de Philadelphie.

Nous ne connaissons pas le prix moyen correspondant des tramways français, mais un seul exemple suffira pour montrer la grande différence qui existe entre les deux pays. En 1894, la nourriture d'une journée de cheval a coûté 2f,45 aux tramways de Lyon.

En 1893, les dépenses d'exploitation se sont décomposées comme il suit à Lyon, pour les tramways à traction animale :

Voie, 9,4 % ; matériel, 5,9 ; traction, 41,3 ; personnel, 30,2 ; frais divers, 13,2. En outre de l'observation déjà faite sur les dépenses de traction, cet état de décomposition fait ressortir, par rapport aux États-Unis, la cherté de l'entretien de la voie et la modicité des dépenses de personnel provenant de la cherté moins grande des prix de journées.

Comme conséquence de ces constatations, qui font res-

sortir les conditions particulièrement favorables des tramways à chevaux aux États-Unis, nous émettrons l'opinion que, si les Américains ont trouvé profit à remplacer la traction animale par la traction mécanique sur tant de leurs lignes à chevaux, le même profit pourrait être réalisé, à plus forte raison, sur beaucoup de nos tramways français à traction animale.

CHAPITRE V.

LES TRAMWAYS ÉLECTRIQUES.

On sait quels sont les principes sur lesquels repose la traction électrique des tramways par conducteurs.

Des dynamos génératrices, installées dans des stations centrales et actionnées généralement par des machines à vapeur, produisent le courant électrique qui est envoyé dans des fils aériens ou souterrains placés le long des lignes de tramways. Les voitures sont munies de roulettes ou glissières en contact permanent avec les fils aériens ou souterrains; ces derniers sont placés dans une conduite à rainure par laquelle passe la tige munie de la roulette. Le courant électrique est ainsi amené à des dynamos réceptrices placées sur les trucks des voitures. Ces dynamos sont reliées aux essieux des roues et les actionnent de façon à donner aux voitures la vitesse de marche voulue. Des dynamos réceptrices le courant est conduit à un fil de retour et, de là, aux génératrices, de façon à fermer le circuit électrique, ou, plus généralement, il est dirigé vers les roues et, de là, sur les rails des tramways, qui sont ainsi utilisés comme fils de retour.

Tramways à fils aériens.

Machines à vapeur, dynamos génératrices. — Les machines à vapeur qui commandent les dynamos doivent être d'une construction particulièrement soignée. Comme le travail qui leur est demandé peut être nul à certains moments, lorsqu'aucune voiture n'est en marche, et atteint au contraire son maximum lorsque toutes les voitures sont en service, subissant des variations extrêmement brusques d'un moment à un autre de leur marche, les machines à vapeur doivent être munies de régulateurs très efficaces et de volants d'une grande puissance.

On s'attache à ce que les machines génératrices soient particulièrement robustes, de manière à bien supporter les efforts exceptionnels qui correspondent aux démarrages des voitures.

Les variations de travail des générateurs dépendent, dans une grande mesure, du nombre des voitures en service, diminuant notablement quand ce nombre augmente.

C'est ainsi que, sur une ligne ayant moins de 15 voitures en service, la force moyenne a été de 170 chevaux-vapeur; le maximum, de 380 chevaux, soit le double de la moyenne; et le minimum, de 80 chevaux, c'est-à-dire environ moitié de cette moyenne.

La *fig.* 2, Pl. 9, donne, au contraire, le diagramme des variations de travail de la *Minneapolis-Street Railway Company*, avec 142 voitures motrices et 42 voitures ordinaires en service. Entre 7 heures du matin et 9 heures du soir, la force développée varie entre 1.000 et 1.400 chevaux, supérieure de 20 °/₀ et inférieure de 15 °/₀ à la moyenne de 1.168 chevaux qui s'applique à la journée entière. Vers 6 heures du soir, la force atteint parfois 1.750 chevaux, dépassant ainsi d'environ 50 °/₀ la moyenne générale.

Ces fluctuations occasionnent divers surcroîts de dépenses : elles exigent des machines plus puissantes que si le travail était uniforme, et rendent leur usure plus grande, et, en dernier lieu, leur rendement moindre.

Les dynamos génératrices employées aux États-Unis sont de constructions et de types très variés. Nous n'en indiquerons qu'un petit nombre.

La *fig.* 1 représente les dynamos Edison ; la *fig.* 3, une dynamo multipolaire Thomson-Houston, qu'on construit avec une puissance variant de 100 à 1.500 kilowatts. C'est ce dernier type qui a été adopté récemment à Lyon par la Compagnie française Thomson-Houston.

Sur la *fig.* 4 est représentée une dynamo construite par la *Malker Manufacturing Company*, de Cleveland (Ohio). Cette dynamo est à quatre pôles et a 250 chevaux de force.

Les génératrices sont actionnées par l'intermédiaire de cordes ou de courroies, tantôt directement, par les machines à vapeur, tantôt au moyen d'un arbre intermédiaire. Il est nécessaire, dans ce second cas, de munir l'arbre d'embrayages, de façon à permettre d'arrêter à volonté une machine ou l'autre.

En raison des variations brusques de travail, on a l'habitude de donner aux courroies, dans les installations pour tramways, une fois et demie plus de force qu'on ne le fait dans les installations de même puissance destinées à un autre genre de travail.

Les dynamos sont disposées de manière à pouvoir être réunies en quantité. Cela peut être fait même avec des dynamos de puissances ou de vitesses différentes, mais il faut toujours qu'elles aient le même voltage.

Les appareils de réglage et de mesure du courant sont placés sur des tableaux. Si le courant alimente plusieurs feeders, une série de boutons permet de prendre la tension sur chacun d'eux. Sur le tableau se trouve monté un in-

terrupteur automatique. Cet interrupteur se compose d'un électro-aimant qui attire une armature et maintient l'appareil enclenché. Tout le courant passe par cet électro. Lorsque ce courant dépasse une limite que l'on fixe au moyen d'un ressort antagoniste, l'armature est attirée, et l'appareil déclenche en coupant ainsi le circuit ; l'étincelle produite est soufflée par un électro-aimant.

Les tableaux portent aussi un parafoudre destiné à détourner la décharge sur la terre. Les appareils employés reposent sur la propriété des décharges atmosphériques de passer de préférence à travers l'air, en suivant un chemin plus court, mais plus résistant, et non à travers un câble plus long, mais moins résistant. La *fig.* 3, Pl. 10, représente un parafoudre qui consiste en deux plaques dentées situées très près l'une de l'autre, une plaque étant réunie à la ligne, et l'autre à la terre. Cet appareil ne peut pas être employé sur de forts courants, car l'arc subsisterait et brûlerait les plaques. Cet inconvénient est évité par l'emploi de pointes de charbon et d'un fil très fin qui fond dès que l'arc se produit ; l'appareil est disposé de façon à se remettre de lui-même en état de fonctionner. Une autre forme de parafoudre, représentée par la *fig.* 2, est appelée parafoudre à balancier, la balle est suspendue par une tige reliée à la terre ; au dessus est une pointe réunie à la ligne. Lorsqu'une décharge se produit, la balle est repoussée, et l'arc est éteint. Un autre type est donné par la *fig.* 1.

Dans une disposition souvent employée, le parafoudre se compose de deux pointes de charbon reliées l'une à la ligne, l'autre à la terre. L'étincelle saute entre les pointes, et l'air et est soufflé par une bobine qui est constamment en circuit. Sur le circuit de terre des parafoudres du tableau est, en plus, intercalée une résistance qui est destinée à empêcher un court circuit de se produire sur la génératrice, dans le cas où l'arc subsisterait.

Il est à remarquer, à propos des parafoudres, que ceux des voitures fonctionnent avant ceux de l'usine.

Nous donnons, comme pièce annexe 15, un tableau, donnant les détails et le total des prix des installations de vapeur et d'électricité nécessaires à la production et à la distribution du courant électrique à 500 volts. Ce tableau a été établi par M. James F. Mc Elroy, d'après les renseignements de M. le professeur Emery et MM. Crosby et Bell.

On y passe successivement en revue toutes les installations possibles à machine simple, à double et à triple expansion, à faible ou à grande vitesse, à condensation ou sans condensation. Les meilleurs résultats sont naturellement donnés par les machines à triple expansion à faible vitesse et à condensation, et les moins bons par les machines simples à grande vitesse et sans condensation.

Suivant le type de machine considéré, on constate les résultats suivants : la consommation de charbon varie de $1^k,75$ à $0^k,66$ par cheval-heure pris sur l'arbre de la machine ; le prix d'établissement du cheval-vapeur varie de 280 à 365 francs ; et celui du cheval électrique, de 455 à 545 francs ; le rendement total oscille entre 77 et 75 $^0/_0$; enfin, le prix par heure du cheval électrique à la voiture est compris entre $0^f,85$ et $0^f,47$.

Expériences faites à Minneapolis et à Saint-Paul.

COMPARAISON : 1° DE L'HUILE ET DU CHARBON COMME COMBUSTIBLES ; 2° DES MACHINES CORLISS A TRIPLE EXPANSION ET DES MACHINES WESTINGHOUSE COMPOUND A GRANDE VITESSE.

Nous avons dit, au chapitre II, que les tramways de Minneapolis et de Saint-Paul sont actionnés par trois usines. Dans la station n° 1 de Minneapolis et dans la station de Saint-Paul, on emploie des machines Corliss à triple expansion et à condensation, ayant toutes une grande puis-

sance, fabriquées par MM. E. et P. Allis, tandis que, dans la station de la 31e rue, à Minneapolis, on emploie des machines Westinghouse à deux cylindres, sans condensation, à grande vitesse, faisant 250 tours par minute, et de faible puissance chacune.

D'autre part, les chaudières marchent soit à l'huile, soit au charbon.

L'exploitation de ces tramways était donc particulièrement bien disposée pour faire les comparaisons mentionnées ci-dessus. Dans les divers essais, les dynamos ont été actionnées par des courroies.

Les expériences dont nous donnons le résumé ont été faites par MM. W.-M.-A. Pike et R.-W. Hugo et ont fait l'objet d'une communication au Congrès de Chicago.

Comparaison de l'huile et du charbon. — Dans le tableau qui suit, dans lequel la dépense est donnée en francs, le prix de l'huile est de $0^{f},03$ le litre, et le prix du charbon varie de $9^{f},05$ à $21^{f},65$ par tonne, l'évaporation d'eau correspondant à l'emploi du charbon étant de $3^{kg},400$ à 100 degrés centigrades.

	PRIX DU CHARBON PAR TONNE EN FRANCS							
	9 fr. 05	10 fr. 15	11 fr. 30	13 fr. 60	15 fr. 85	18 fr. 10	20 fr. 35	21 fr. 65
Dépense par cheval et par heure......	fr. 0,2815	fr. 0,3049	fr. 0,327	fr. 0,3726	fr. 0,4177	fr. 0,4628	fr. 0,5079	fr. 0,5345
Bénéfice sur l'huile......	$37\frac{1}{10}$ %	$31\frac{9}{10}$ %	$26\frac{9}{10}$ %	$16\frac{7}{10}$ %	$6\frac{6}{10}$ %			
Excédent de dépense sur l'huile.						$3\frac{4}{10}$ %	$13\frac{5}{10}$ %	$19\frac{5}{10}$ %

On voit par ces chiffres que, suivant les prix relatifs de

l'huile et du charbon, l'un ou l'autre de ces combustibles présente une supériorité qui atteint jusqu'à 37 %.

L'égalité entre les deux combustibles a lieu autour de 0f,45 par cheval-heure. Le prix minimum de 0f,29 est donné par le charbon.

Comparaison des machines Corliss et Westinghouse. — Les essais comparatifs ont été faits à la station n° 1, à Minneapolis, pour les machines Corliss, et à la station de la 31e rue de la même ville, pour les machines Westinghouse.

Pour comparer les résultats, on les a ramenés, dans l'une et l'autre station, aux communes mesures suivantes :

Dépense de l'huile par litre............	0f,034
Évaporation de l'huile à 100°...........	6kg,374
Nombre de milles parcourus...........	17,118 milles

La puissance moyenne en chevaux, pour une durée de 21h,30 à chaque station, a été trouvée de 1.203,5 chevaux à la station n° 1, et de 1.173 chevaux à la station de la 31e rue, la différence provenant des pertes dues au frottement évaluées à 20 % à la première station, et à 17 % à la deuxième.

Les dépenses par kilomètre-voiture ont été les suivantes, en francs :

	STATION N° 1	STATION de la 31e rue
Dépense par kilomètre-voiture.. ..	0 fr. 414	0 fr. 469
Dépense pour intérêt du capital et dépréciation....................	0 ,095	0 ,059
Dépense totale.	0 ,509	0 ,528
Différence en faveur de la station n° 1..........................	3 %	

Cette différence n'est pas bien considérable. Dans un ordre d'idées différent, les auteurs de la communication ont fait connaître que, avec les machines de faible puissance chacune, on peut plus facilement arrêter ou mettre en marche une ou plusieurs machines, suivant l'intensité de la circulation. Ils ont fait ressortir en outre, que les machines Westinghouse s'adaptent plus facilement aux variations du travail qui leur est demandé, le réglage de ces machines pouvant s'effectuer de façon que ce travail varie du maximum au simple travail dû à la résistance des organes de la machine, dans l'espace de 4 tours, c'est-à-dire en une seconde.

C'est pour ces raisons que, dans notre visite, nous avons entendu préconiser, à Minneapolis et à Saint-Paul, l'emploi des machines Westinghouse par les ingénieurs de la Compagnie, quoique ces machines, en elles-mêmes, aient un rendement moins avantageux que les machines Corliss à triple expansion et à condensation, et de grande puissance chacune, employées concurremment avec les premières machines.

Les pertes dues au frottement ont été trouvées les suivantes dans chacune des trois usines :

	MACHINES	COMMUNICATIONS avec les dynamos	CHEVAUX-vapeur donnés par machine	CHEVAUX-vapeur donnés par les dynamos	PERTE de force due au frottement
Minneapolis, station n° 1	Corliss à triple expansion et à condensation	arbre de couche	1.257,90	1.088,60	12,10 %
Saint-Paul	id.	arbre de couche avec engrenage à dents	756,20	624,70	17,40
			859,73	695,30	19,12
Minneapolis, station de la 31e rue	Westinghouse, compound et sans condensation	liaison directe par courroies	522,50	434,20	16,90

Ces chiffres montrent que les machines Westinghouse

sont moins avantageuses que les machines Corliss à triple expansion, au point de vue des pertes de force dues au frottement; mais cet avantage disparaît si on emploie, avec les machines Corliss, des transmissions à engrenages.

L'exploitation des tramways de Minneapolis et de Saint-Paul a donné lieu aux constatations suivantes :

Proportion des voitures en marche par rapport aux voitures totales sur la ligne.	Station n° 1, Minneapolis	81 %
	Station n° 2, St-Paul..	73 %
Nombre moyen des voitures employées à Minneapolis..		116,7
— maximum à 6^h,30 du soir		166
— moyen des voitures employées à Saint-Paul..		55
— maximun à 6^b,30 du soir		79
— moyen de chevaux par voiture en marche	Minneapolis	12,56
— maximum de chevaux par voiture en marche (avec 100 voitures)	Minneapolis	13,31
— moyen de chevaux par voiture en marche	Saint-Paul	19,65
— maximum de chevaux par voiture en marche (avec 40 voitures)....	Saint-Paul	27,85
— moyen de voyageurs par voiture	Minneapolis	9,93
— maximum de voyageurs par voiture	Minneapolis	61
— moyen de voyageurs par voiture..	Saint-Paul	4,95
— maximum de voyageurs par voiture	Saint-Paul	48

On estime, d'après ces constatations, qu'il faut 12 chevaux électriques par voiture du petit modèle, et 18 à 20 chevaux pour les grandes voitures qui font le service entre les deux villes.

Courant de retour.

Dans le système du conducteur aérien, le circuit électrique complet peut être formé par deux fils, dont l'un conduit le courant au moteur de la voiture, et l'autre le

ramène à la génératrice. Mais plus généralement on n'emploie qu'un fil aérien, sur lequel le courant électrique est pris par l'intermédiaire de la tige qui porte à son extrémité un balai ou une roue, et qui est connue sous le nom de « trolley », et on utilise les rails comme fils de retour, comme on l'a expliqué plus haut. Dans ce cas, les rails sont réunis comme le représente la *fig.* 4, Pl. 10, et, généralement, on place sous la chaussée un ou plusieurs fils de retour auxquels chaque fil de rail est réuni par des fils de jonction, *fig.* 5, 6 et 7. Les fils de jonction sont fixés aux rails au moyen de rivets passant dans des trous percés dans le patin ou dans l'âme des rails. Lorsque la voie traverse un pont mobile, les rails, de chaque côté du pont, sont réunis par un fil placé au fond de l'eau, et un agencement automobile envoie le courant aux rails placés sur le pont.

Comme le cuivre se détériore rapidement par l'électrolyse, on emploie généralement pour les joints de la voie et des fils de terre des fils de cuivre étamé.

On cherche à réduire autant que possible la résistance des fils de retour. Dans certains terrains, on réduit cette résistance en enfonçant des barres de fer ou des conduites de gaz de 3 à 4 mètres dans le sol et en les réunissant à la voie ou à un fil spécial; dans le même but on emploie aussi des plaques de cuivre, de $2^{m^2},70$ à $3^{m^2},5$, plantées à une distance de 300 mètres environ les unes des autres et à une profondeur suffisante pour qu'elles soient toujours humides.

D'après une communication faite par M. T.-J. Mc Tighe à l'Association des Railways de l'État de New-York, les résistances de diverses voies employées aux États-Unis sont les suivantes :

POIDS DU RAIL par yard	SECTION DU RAIL en pouces	ÉQUIVALENT en cuivre	RÉSISTANCE PAR mille en ohms
50 livres	20	3,33	0,0121
60 —	24	4,00	0,0101
70 —	28	4,66	0,0086
80 —	32	5,33	0,0075
90 —	36	6,00	0,0067

Suivant les assemblages des rails, dont les dix premiers types s'appliquent à un rail de 70 livres, et les deux derniers à un rail de 90 livres, on obtient les résultats suivants par mille de double voie :

NUMÉROS des assemblages	RÉSISTANCE totale du rail OHMS	RÉSISTANCE totale des assemblages OHMS	RÉSISTANCE totale du circuit OHMS	PERTE de potentiel par 200 ampères VOLTS	ÉNERGIE dépensée dans le circuit WATTS
1	0,086	0,0335	0,0362	7,24	1.448
2	—	0,0671	0,0586	11,72	2.344
3	—	0,0796	0,0882	17,64	3.528
4	—	0,0398	0,0484	9,68	1.936
5	—	0,0133	0,0218	4,36	827
6	—	0,0044	0,0130	2,60	520
7	—	0,0105	0,0191	3,82	764
8	—	0,0035	0,0121	2,42	484
9	—	0,0083	0,0169	3,38	676
10	—	0,0027	0,0113	2,26	452
11	0,067	0,0335	0,0306	6,12	1.124
12	0,067	0,0011	0,0078	1,36	312

On voit par ces chiffres quelle est l'importance, non seulement de la section des rails, mais aussi de leurs assemblages au point de vue de la résistance des rails employés pour le retour du courant.

Poteaux.

Les poteaux qui supportent le fil aérien ont une hauteur de 8 à 9 mètres et sont, suivant les lignes, en bois, fer ou acier. Dans les lignes à une voie, le fil est suspendu à l'extrémité de bras portés par les poteaux, au-dessus de la voie ; dans les lignes à double voie, on place sur les trottoirs, deux lignes de poteaux qui sont réunis par des fils transversaux qui supportent le fil conducteur, ou bien on établit sur la chaussée une seule ligne de poteaux qui portent, de chaque côté, des bras symétriques, de façon qu'un fil conducteur corresponde à chacune des deux voies. L'écartement des poteaux peut varier un peu avec les dimensions et la matière du fil conducteur, mais il est généralement d'environ 38 mètres, afin que, d'un poteau à l'autre, le conducteur ne prenne pas une flèche supérieure à $0^{m},37$ ou $0^{m},38$.

Les poteaux doivent être assez forts pour supporter les poids des fils de trolley et de suspension, quand ils sont chargés de glace ou de neige. Les poteaux latéraux doivent pouvoir supporter une tension de 360 kilogrammes sans prendre une flèche de plus de $0^{m},10$ à $0^{m},12$, et de 550 kilogrammes à 720 kilogrammes sans déformation permanente.

Pour les poteaux de bois on emploie le châtaignier, le cèdre ou le pin de Géorgie. Qu'ils soient employés bruts ou taillés suivant des formes plus ou moins ornementales, les poteaux sont terminés au sommet en cône. En alignement droit, ils ont $0^{m},15$ à $0^{m},20$ de diamètre dans le haut, et $0^{m},25$ à $0^{m},30$ dans le bas ; on en place de plus forts aux extrémités des lignes et dans les courbes.

Les poteaux en fer ou en acier sont généralement préférés, surtout dans les villes. Les *fig.* 8 et 9 représentent un type fréquemment employé, se composant de

trois tubes épais de sections différentes, s'emboîtant les uns dans les autres sur 0m,45 à 0m,50, le tube inférieur ayant 0,12 à 0,20 de diamètre. La *fig*. 10 montre un type de poteau latéral à treillis qui a l'avantage de pouvoir supporter un grand effort sans subir de déformation permanente, et d'être d'une visite et d'un entretien faciles. Un type du même genre, pour des poteaux du milieu de la chaussée et, par conséquent, moins fortement entretoisé, puisqu'il n'est pas exposé à des efforts transversaux, est représenté sur la *fig*. 11. Un dernier type est représenté par les *fig*. 12 et 13.

On enfonce les poteaux d'au moins 1m,50 dans le sol, et on les noye parfois dans un massif de béton de 0m,30 à 0m,35 d'épaisseur autour des poteaux, en ayant soin de donner aux poteaux latéraux une inclinaison de 3 %, afin que la tension des fils transversaux les ramène à la verticalité. Souvent, en Amérique, on supprime le massif de fondation de béton et on se borne à placer une grosse pierre dans le pied du poteau, en l'appuyant contre la pierre de bordure, quand le poteau est placé sur le trottoir.

Les poteaux qui supportent un fort tirage en courbe sont maintenus par des haubans.

Au sommet, les poteaux transversaux portent un appareil présentant le meilleur isolement possible et portant un cliquet pour tendre les fils transversaux. Lorsque les fils conducteurs sont exposés à recevoir le choc d'autres fils électriques (et cela arrive fréquemment aux États-Unis), on les protège par des fils de garde qu'on place à au moins 0m,25 en contre-haut des fils du trolley; ces fils sont fixés aux sommets des poteaux par un appareil du même genre.

En terminant, il ne sera pas sans intérêt, pensons-nous, de faire connaître qu'on a supprimé, dans certains cas les poteaux de support des fils aériens en fixant les

fils transversaux aux maisons riveraines. C'est ce qu'on a fait en France à Dijon, à Lyon, sur une ligne de banlieue, et à Genève, dans des rues très larges. En masquant tous les points d'ancrage dans les murs par des macarons en fonte ornementée, on établit les fils transversaux dans les conditions les moins disgracieuses possible.

Fils aériens.

Le fil conducteur, en bronze siliceux, a un diamètre en rapport avec le nombre et les dimensions des voitures, l'état de la voie, l'importance des rampes ; il ne doit pas être inférieur à $8^{mm},23$. On a reconnu, d'ailleurs, qu'il était avantageux d'employer un fil de faible diamètre, fractionné par sections à chacune desquelles le courant est amené au moyen de fils d'alimentation, dont les conditions d'établissement sont étudiées en même temps que celles du fil conducteur.

Les fils transversaux sont généralement établis en simple fil d'acier galvanisé, d'un diamètre d'au moins $5^{mm},90$; ils sont fixés de façon à ne pas présenter une flèche de plus de 3 $^0/_0$ de leur longueur, et ils supportent le fil de trolley à une hauteur de $5^m,40$ à $5^m,70$ au-dessus du sol ; leur attache aux poteaux est faite de façon à ce qu'on puisse augmenter leur tension quand cela est nécessaire.

Les fils des tirants qui maintiennent la tension du fil conducteur dans les courbes et aux points de jonction des diverses sections sont semblables aux fils transversaux.

Quant aux fils de garde, dont on fait usage dans les rues où il y a à craindre que les fils de télégraphe, téléphone ou de lumière électrique tombent, en se rompant, sur les fils du trolley, on leur donne un diamètre de $4^{mm},15$, on les place de $0^m,25$ à $0^m,50$ au-dessus du fil de trolley,

et on les supporte, comme ceux-ci, par des fils transversaux. En simple voie, on dispose des fils de garde distants de 0m,60 à 0m,90 de chaque côté du fil conducteur; et, en double voie, on protège les fils conducteurs au moyen de trois fils de garde.

Les *fig.* 14 à 20, Pl. 10, représentent différents types de suspensions de fils de trolley supportés par des fils transversaux; elles sont toutes disposées de façon à n'offrir aucun obstacle au passage de la roulette du trolley. La *fig.* 21 représente un type de tirant latéral. Divers types d'isolateurs de tirants sont donnés par la *fig.* 22. On s'attache, dans tous ces appareils, à réaliser le plus grand isolement possible, et à éviter l'humidité et la rouille.

L'épissure des fils se fait au moyen de divers dispositifs. La *fig.* 23 en représente un qui n'a pas été reconnu suffisant. La *fig.* 24 en montre un meilleur, dans lequel les bouts chanfreinés sont amenés en contact, entourés de fil fin et soudés. Dans le dispositif des *fig.* 25 et 26 on insère les fils dans des tubes minces, et on tord les deux extrémités. Une disposition quelquefois employée est représentée sur la *fig.* 27.

La *fig.* 28 représente un type de croisement en diagonale, et la *fig.* 29 un type de croisement à angle droit.

Quand il s'agit de transporter l'énergie électrique à une distance un peu grande, il a été reconnu avantageux de ne pas se servir uniquement du fil de trolley comme fil conducteur, et on fractionne la ligne en tronçons auxquels on amène le courant par des fils d'alimentation dits feeders. De cette façon, le potentiel est maintenu presque uniforme en tous les points de la ligne. Les feeders, qui doivent posséder une grande capacité, sont supportés par les poteaux de la ligne, ou établis dans une canalisation souterraine, et on cherche, dans ce cas, à leur faire suivre le chemin le plus court de la station aux points à alimenter.

Les tubes souterrains étant installés, il y a plusieurs méthodes pour y introduire les fils d'alimentation. L'une consiste à y introduire une petite baguette de bois ou de bambou coupée en tronçons, pouvant être réunis les uns aux autres ; par le moyen de ce chapelet de baguettes, on peut tirer une corde et, par ce moyen, le conducteur. Une autre méthode consiste à introduire dans le tube une cordelette légère, au moyen d'un petit ventilateur mû à bras ; la cordelette est enroulée sur une bobine ; une des extrémités est attachée à un petit sac de cuir qui est introduit dans le tube. Le sac est entraîné par le vent du souffleur, et avec lui la petite corde, d'un trou d'homme à l'autre. Par la cordelette, on tire une corde plus forte et, finalement, le conducteur de cuivre.

Trolley ; moteurs des voitures.

Le courant est pris sur le fil aérien par le trolley. Cet appareil se compose d'une tige articulée, appuyée par le jeu d'un ressort placé sur le toit de la voiture, et terminée soit par une roulette, *fig.* 5 et 6, Pl. 9, soit par un frotteur métallique garni de graphite, *fig.* 7.

Du trolley, le courant est dirigé sur deux interrupteurs principaux situés sous le toit de chaque plate-forme, se rend au parafoudre en plomb fusible, puis aux appareils de régulation, qui se composent de deux contrôleurs montés à chaque extrémité de la voiture.

Les rhéostats fixés sur la caisse se composent de bandes de maillechort séparées par des cartons d'amiante.

Les contrôleurs se composent du changement de marche et de l'inverseur. Le changement de marche est formé d'un cylindre qui porte des contacts sur lesquels viennent frotter des balais ; à chacun de ces balais correspond un fil spécial. En manœuvrant l'inverseur, on change la

position des balais par rapport aux électros et, par suite, le sens de la marche.

L'appareil de régulation de la vitesse comprend un cylindre qui porte des contacts sur lesquels viennent appuyer des frotteurs auxquels aboutissent tous les fils qui viennent de l'inverseur du courant et, par suite, des balais de l'induit et des bancs des électros, ainsi que ceux qui viennent des résistances.

Au moment du démarrage, les deux moteurs sont en tension avec les résistances ; puis, en continuant de tourner le cylindre, on supprime la résistance, et la vitesse de la voiture augmente jusqu'à ce qu'il soit amené à la dernière position où les deux moteurs sont en dérivation.

Un système de blocage empêche de manœuvrer le régulateur, si l'inverseur n'est pas sur la marche avant ou arrière, et, réciproquement, si le régulateur n'est pas ramené à sa position normale, il n'est pas possible de manœuvrer l'inverseur.

Le nombre des moteurs en usage sur les voitures de tramways aux États-Unis est considérable. Nous n'en mentionnerons que quelques-uns, comme spécimens, plusieurs des types primitivement construits étant actuellement démodés.

La *fig.* 10, Pl. 9, représente un moteur construit par la Compagnie Westinghouse. Le moteur a une forme cylindrique et possède quatre pôles, ce qui est avantageux au point de vue des faibles résistances et du rayonnement de la chaleur. L'induit est du type à tambour et est construit en plaques de tôle munies d'entailles, de sorte que le noyau complet présente des encoches pour recevoir les fils. La vitesse à la circonférence est relativement faible. Le moteur est à simple réduction, le rapport des engrenages étant de 3,3 à 1. Les engrenages tournent dans un bain d'huile.

La *fig*. 9 montre des moteurs Short accouplés directement avec les essieux des roues, sans engrenages intermédiaires. Dans ces moteurs, la vitesse est réduite au point de permettre d'actionner directement les roues. Dans le système de montage de ces moteurs, on a réparti le poids sur tout le truck, et les essieux ne portent directement aucune charge ; les moteurs peuvent se mouvoir dans un sens ou dans l'autre, sans rencontrer les essieux. L'absence d'engrenages diminue le poids mort et évite toute espèce de bruit, et la faible vitesse évite le grincement des balais.

Le moteur à accouplement direct construit par l'*Edison general electric Company*, est entièrement fermé ; le bâti en fer est formé de deux pièces, pour faciliter les réparations. La vitesse de l'armature dans le moteur de 20 chevaux est de 40 tours par minute et, suivant l'engrenage adopté, donne à une voiture chargée une vitesse de 13 à 16 kilomètres à l'heure, et à une voiture moyennement chargée, une vitesse de 20 à 29 kilomètres.

La *fig*. 8 montre un moteur à simple réduction construit par la *Thomson-Houston Company*, presque entièrement recouvert d'une enveloppe de tôle. L'armature est du type à anneau, et les bobines sont enroulées l'une près de l'autre, sur la face unie de l'anneau. Les engrenages se meuvent dans l'huile et sont enfermés dans des boîtes étanches munies d'un couvercle à ressort. Le rapport des engrenages est de 4,8 à 1, ce qui correspond à 338 tours de l'induit pour une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Dans un autre moteur Thomson-Houston pour voie étroite, l'enveloppe en acier fondu est formée de deux pièces ; la pièce inférieure porte une sorte de bec pour écarter les pierres qui peuvent obstruer la voie. Les engrenages sont en acier et se meuvent dans un bain d'huile. Les moteurs peuvent se placer sur des trucks de $1^m,50 \times 0^m,90$; leur force normale est de 15 che-

vaux-vapeur, mais on construit des types plus puissants.

Un moteur construit par la même Compagnie, et qui a pris un grand développement aux États-Unis sous le nom de type G E 800, est représenté par la *fig.* 11 (*). Sa puissance normale est de 25 chevaux, et son poids, de 660 kilogrammes. Le circuit magnétique inducteur est constitué par une boîte en deux parties, en acier coulé, portant des pièces polaires, l'une à la partie supérieure, l'autre à la partie inférieure, entourées de bobines excitatrices et de deux épanouissements polaires à 90° des premiers, de sorte qu'il y a, en réalité, 4 pôles.

L'induit se compose de disques en tôle découpés à l'emporte-pièces, puis soigneusement recuits et vernis. Ces disques présentent des encoches rectangulaires, rétrécies à la partie supérieure, de façon à retenir une clavette en matière isolante que l'on introduit après avoir placé les fils dans les encoches. Ces disques sont montés sur l'arbre de la machine, maintenus en partie au moyen de clavettes fortement poussées entre deux plateaux retenus par des écrous.

L'enroulement de l'induit est composé de bobines élémentaires formées de plusieurs fils réunis par un ruban et enroulés, au moyen d'une machine spéciale, sur une forme appropriée. Ces bobines sont introduites dans les encoches du noyau et maintenues en position par des clavettes en matière isolante, introduites à force. Elles ne peuvent donc se déranger ni sous l'action de la force centrifuge ni sous l'action réciproque des charges magnétiques de l'inducteur et de l'induit. Les fils qui se croisent sont séparés l'un de l'autre au moyen de papier verni et de mica. Les calottes sont recouvertes d'étoiles vernies retenues par un solide frettage.

(*) *Bulletin de la Compagnie française Thomson-Houston*, 15 avril 1894.

Les extrémités des bobines aboutissent à un collecteur en cuivre rouge dur dont les segments sont reliés en croix au moyen de connecteurs, de façon à réduire à deux le nombre des bobines. Pour faciliter leur visite et leur entretien, les deux bobines sont disposées à la partie supérieure de l'induit, et l'on peut y accéder très facilement en soulevant le couvercle. Les balais sont en charbon cuivré et sont maintenus dans une glissière et poussés à peu près normalement au collecteur par des ressorts. L'emploi de balais en charbon est absolument général, parce qu'ils permettent de faire tourner indifféremment l'induit dans un sens ou dans l'autre et assurent une durée très grande au collecteur par suite de leur frottement très doux.

Les paliers sont légers, de grand diamètre, et garnis de coussinets en métal blanc, de sorte que la pression est légère, et le frottement très faible. Le graissage est effectué au moyen de graisse semi-fluide.

La transmission des mouvements aux roues se fait par l'intermédiaire d'un pignon en acier et d'une roue dentée en fonte ; le rapport des engrenages est de 4,70 à 1.

Tous les organes du moteur peuvent être visités facilement et sont à l'abri de la poussière et de l'humidité. Le mode de suspension est tel qu'une faible partie de son poids est supportée directement par l'essieu ; il en résulte un choc moins grand à chaque passage des joints des rails et, par conséquent, une durée plus longue de la roue et des essieux.

Le tableau suivant donne la force, la vitesse et le poids des moteurs récemment construits par la Compagnie Thomson-Houston.

TYPES	FORCE	VITESSE dans des conditions ordinaires en milles par heure	POIDS TOTAL des moteurs en livres	POIDS portant sur l'essieu (en livres)
F. 30	15 chevaux	12.5	1.994	1.222
S.R.G. 30	15 —	12.1	2.120	1.372
W. P. 30	15 —	10.5	1.633	937
G.E. 800	25 —	19	1.456	715
W.P. 50	25 —	13.5 à 19	2.183	1.307

Dans le type de la *Detroit Electric Work Company*, le moteur est placé longitudinalement et relié aux essieux par des engrenages coniques. Les grandes roues sont reliées aux essieux par l'intermédiaire d'un palier à rotule, de telle sorte que les essieux peuvent prendre la position demandée dans les courbes sans nuire aux engrenages. Le moteur est bipolaire ; sa vitesse est de 240 tours-minutes, pour une vitesse de 40 kilomètres de la voiture.

Dans le type Eickemeyer pour voitures à bogie, les moteurs n'ont pas d'engrenages, et la transmission du mouvement se fait aux roues par l'intermédiaire d'un plateau. Le moteur est entièrement fermé dans une enveloppe qui sert d'armature magnétique. Le moteur de 35 chevaux a une vitesse de 150 tours, lorsque la voiture marche à 20 kilomètres à l'heure. Le moteur est protégé contre la boue et est porté sur des ressorts.

Le moteur Wightmann est à 4 pôles, entièrement fermé ; l'induit est du type Gramme. Le collecteur est connecté de façon à ce qu'on n'ait besoin que de deux balais à 90°. Le rapport des engrenages est de 4,4 à 1, ce qui, pour une vitesse de 16 kilomètres à l'heure, donne 480 tours.

Les voitures sont généralement munies d'un frein à sabot, d'un frein à patins, d'un frein électrique et, de plus, d'un appareil qui permet de renverser brusquement la marche.

Éclairage des voitures.

L'éclairage des voitures dont la traction est opérée par l'électricité se fait habituellement au moyen de lampes à incandescence.

Tandis que, dans l'éclairage des habitations et des rues, les lampes à incandescence sont reliées en parallèle, elles le sont en série dans l'éclairage des cars, et on doit en employer un certain nombre dans chaque car. Ordinairement on emploie 5 lampes de 16 bougies chacune par voiture. De cette façon, les lampes sont actionnées sous un potentiel d'environ 100 volts, ce qui correspond pour les 5 lampes, au potentiel de 500 volts généralement employé pour les lignes américaines.

Le prix d'une lampe varie de 75 cents à 1 dollar.

Force nécessaire à la traction des voitures.

D'après les expériences faites par la Compagnie Thomson-Houston, et rapportées par M. Hedges, une voiture automotrice ayant des roues de 33 pouces, mue par un courant de 500 volts avec deux moteurs Thomson-Houston G. E. 800, chacun de ces moteurs ayant une force de 25 chevaux et développant un effort de traction de 800 livres, a donné les résultats suivants :

POIDS TOTAL de la voiture	VITESSE EN MILLES A L'HEURE EN PALIER OU SUR DES RAMPES DE					
	palier	1 %	2 %	3 %	4 %	5 %
10 tonnes	30	26	22 1/2	20	18	17
20 —	26	20	17	15	»	»
30 —	22 1/2	17	14	»	»	»

Ces observations montrent :

1° Qu'en palier la force nécessaire pour opérer la traction d'un poids donné, une tonne par exemple, augmente avec la vitesse;

2° Que, pour une même vitesse, les poids remorqués en palier et sur des rampes de 1, 2, 3, 4, 5 centimètres seront comme les nombres 1, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$ et $\frac{1}{6}$.

M. Pellissier a donné dans le *Street Railway Journal* les règles suivantes pour calculer la force nécessaire à la traction des tramways, exprimée en kilogrammètres par tonne à mettre en mouvement. Les nombres de la colonne 3 expriment les kilogrammètres nécessaires pour vaincre la résistance de l'air pour une voiture de 7 mètres carrés de section; les suivants représentent les kilogrammètres par tonne remorquée, abstraction faite de cette résistance. Le second tableau indique les parcours en mètres au bout desquels les nombres indiqués de kilogrammètres par tonne donnent à la voiture les vitesses maxima exprimées en kilomètres à l'heure.

VITESSES en mètres par seconde	VITESSES en kilomètres à l'heure	RÉSISTANCE de l'air	FORCE NÉCESSAIRE POUR EFFECTUER LA TRACTION SUR LES RAMPES DE 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)
2,22	8	6.13	25	48	70	92	115	137	159	181	203	225	247	270	292	314
4,17	15	40,61	48	90	131	173	215	256	298	340	381	422	465	507	548	590
5,55	20	95,75	64	115	175	250	286	341	397	452	508	563	619	674	730	785
6,95	25	188 »	80	149	219	288	358	427	497	»	»	»	»	»	»	»
8,33	30	324 »	96	179	262	345	429	512	»	»	»	»	»	»	»	»
10 »	36	560 »	115	215	315	415	515	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11.10	40	»	128	239	350	461	572	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12,50	45	»	144	269	394	519	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
13,33	48	1.327 »	153	286	420	553	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
15, »	54	1.890 »	172	322	472	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»

PARCOURS en mètres	VITESSE MAXIMUM A L'HEURE								
	8	15	20	25	30	36	40	45	48
8	35	231	545	1.070	1.842	3.186	4.360	6.225	7.550
10	28	185	436	858	1.474	2.550	3.487	4.978	6.040
15	19	122	290	572	982	1.700	2.323	3.320	4.020
20	14	93	218	430	737	1.275	1.744	2.490	3.020
25	11	74	174	343	590	1.020	1.395	1.992	2.415
30	10	61	145	285	491	850	1.162	1.664	2.013

Les nombres du premier tableau du *Street Railway* conduisent, à égalité de vitesses, à une relation à peu près semblable à celle qui a été indiquée ci-dessus entre les poids remorqués et les rampes :

Rampes.............	0,	1,	2	....	13
Poids remorqués......	1,	$\frac{1}{1,9}$,	$\frac{1}{2,8}$	....	$\frac{1}{12,6}$
Au lieu de...........	1,	$\frac{1}{2}$,	$\frac{1}{3}$	....	$\frac{1}{1,4}$

Mais on ne peut conclure de là, sauf pour les faibles vitesses, que les forces de traction d'un poids donné sur des rampes de 0, 1, 2,... 13, sont dans les rapports inverses de 1, 1,9, 2,8,... 12,6. En effet, quand les vitesses deviennent considérables, une partie importante de la force de traction est employée à vaincre la résistance de l'air ; cette partie dépend uniquement de la section de la voiture et en rien du poids remorqué. C'est ainsi que, pour une vitesse de 8 kilomètres à l'heure, les forces de traction, à poids égal, relatives à des rampes de 0, 1, 2,.... 13, sont bien dans les rapports de 1, 1,9, 2,8,... 12,6 ; mais pour la vitesse de 54 kilomètres les forces qui correspondent aux rampes de 0, 1 et 2 ne sont plus que de 1, 1,4, 1,8.......

Voici, à titre de spécimen, quelques résultats auxquels

conduisent, pour une ligne en palier, les expériences mentionnées plus haut :

1° *Expériences Thomson-Houston.*

Vitesses en kilom. à l'heure.	48	42	36	32	29	27	24
Chevaux-vapeur par tonne.	5,00	2,45	1,66	1,50	1,00	0,82	0,62

2° *Expériences du Street-Railway.*

(Voitures de 7^m de section et de 10 tonnes.)

Vitesses..............	54	48	36	30	25	20	15	8
Chevaux-vapeur.......	4,81	3,81	2,28	1,71	1,31	0,98	0,69	0,34

3° *Expériences du Street-Railway.*

(Voitures de 7^m de section et de 20 tonnes.)

Chevaux-vapeur.......	3,55	2,91	1,91	1,49	1,19	0,92	0,66	0,34

On voit par là combien la force de traction augmente avec la vitesse, quelle importance présente la section des voitures pour les grandes vitesses, et comment, pour ces vitesses, la force de traction cesse d'augmenter proportionnellement au poids de la voiture remorquée.

Dans *la Traction mécanique des Tramways*, M. de Marchena mentionne les expériences suivantes, faites sur des locomotives électriques par le *City and South of London :*

	I	II	III
Poids de la voiture à vide........	4.200	»	»
— chargée.......	6.735	4.575	4.575
Rampe en millimètres...........	0	53	96
Coefficient de traction en palier..	15	15	15
Total.........	15	68	111
Vitesse en kilomètres............	22	13,5	7,7
Intensité du courant	26*a*	54*a*	68*a*
Puissance en chevaux...........	8,25	15,50	14,50
Rendement du moteur..........	82,5 %	79,4 %	60,4 %
Perte	17,5	20,6	39,6

Dans l'expérience I la force de traction par tonne a été

de $\frac{8,25}{6,735} = 1,25$ cheval, tandis que, d'après le barème du *Street Railway*, cette force aurait été de 1,10 cheval.

Dans l'expérience II la force de traction a été de $\frac{15,50}{4,575} = 3,40$ chevaux-vapeur par tonne, et, d'après le barème du *Street Railway*, cette force serait d'environ 360 chevaux-vapeur.

On voit par là que ce barème concorde avec les expériences de la Compagnie anglaise.

Le même auteur indique les résistances suivantes par tonne à la traction en palier et alignement droit dans des conditions moyennes :

	Voitures à 2 essieux pesant 6 à 7 tonnes en charge	Voitures automobiles et locomotives
Voie Vignole en rails saillants...	4 à 6k	8 à 10k
Voie Marsillon....................	7 à 9	12 à 14
Voie Humbert ou Broca	8 à 10	13 à 15

Pour les rampes, on peut admettre une augmentation de l'effet de traction d'autant de kilogrammes que les rampes comptent de millimètres par mètre.

Quant au démarrage, l'effort de traction qu'il nécessite atteint souvent le triple ou le quadruple de l'effort moyen. Si t est la durée du démarrage en secondes ; V, la vitesse au bout du temps t, cet effort supplémentaire est donné par l'expression $102 \frac{V}{t}$.

Comme exemple de calcul, supposons une ligne comprenant 25 voitures de 9 tonnes chacune, réparties comme il suit :

1° 10 voitures circulant sur des pentes de 5 $^0/_0$ avec une vitesse de 8 kilomètres à l'heure ;

2° 5 voitures circulant en palier avec une vitesse de 20 kilomètres ;

3° 10 voitures descendant par la gravité, sans prise de courant.

Les 10 premières voitures demanderont, d'après la règle Pélissier, une force de 165 chevaux-vapeur.

Les 5 secondes, une force de 44 chevaux, soit en tout 209 chevaux-vapeur, ou environ 8 chevaux par voiture.

Nous avons dit qu'à Saint Paul et Minneapolis on compte 12 chevaux électriques par voiture du petit modèle et 18 à 20 chevaux par grande voiture du service qui relie les deux villes. D'autre part, le diagramme de la *fig.* 2, Pl. 9, montre que, le jour de l'essai, la force n'a pas dépassé 10 chevaux par voiture.

D'une façon générale, on peut admettre une force de 10 à 15 chevaux pour les voitures ordinaires, pour les petites installations, lorsque le nombre des voitures en service ne dépasse pas 20. Mais pour les grandes installations cette force ne dépasse généralement pas 10 chevaux et peut descendre parfois à 7 ou 8.

Si on veut calculer rapidement et largement la force nécessaire au fonctionnement d'une ligne sur un terrain ne présentant pas de déclivités accentuées, on peut calculer cette force en supposant tout le réseau en palier, ajouter 1/3 pour le démarrage et les déclivités, et augmenter le résultat obtenu de 25 à 30 °/₀ pour les pertes de toute nature.

Sur la ligne de Lyon à Oullins, récemment établie par la Compagnie française Thomson-Houston pour 10 voitures, la force électrique atteint parfois 200 chevaux; l'usine a été établie pour une force nominale de 150 chevaux.

La perte en ligne peut varier de 10 à 12 °/₀. Lorsqu'elle est plus considérable, on a recours à des feeders ou fils d'alimentation.

D'après une communication faite à la Société américaine des Ingénieurs mécaniciens, on a obtenu les résul-

tats suivants à Détroit, relativement à la répartition de la force d'une station électrique d'une dynamo à 4 pôles Westinghouse, de 150 chevaux :

Perte de force dans la machine à air et de la pompe d'alimentation	9,22 chev.-vap.
Perte de force de la transmission aux dynamos	2,12 —
Force employée dans la charge des dynamos.	3,00 —
Pourcentage de la perte de force de la machine et des pompes à air et à épuisement....	6,15 %
Force maximum développée	141,4 chevaux
— minimum —	21,27 —
— moyenne —	70,1 —
Nombre de voitures en service	2,89
Nombre moyen de voyageurs par voiture...	8,
Poids des voyageurs	1.400 livres
— des voitures	14.500 —
Force électrique moyenne par voiture	15,54 chevaux
— moyenne de la machine par voiture..	24,25 —
Vitesse moyenne des voitures, en dehors des arrêts	15,38 milles
Vitesse moyenne des voitures, arrêts compris.	14 —
Durée de l'essai	47 h. 1/2

Il résulte des mesures effectuées aux États-Unis que le travail indiqué dans les cylindres à vapeur ne donne pas plus de 30 à 40 % aux jantes des roues, et encore on a souvent des résultats beaucoup moins favorables lorsque les conditions de transmission du courant sont mauvaises.

Quant au rendement des dynamos des voitures, il ne dépasse pas, en général, 65 à 75 %.

En admettant une consommation de vapeur de 9 à 10 kilogrammètres par cheval indiqué, et une vaporisation de 7 à 8 kilogrammètres par kilogramme de houille brûlée, on peut admettre une consommation de houille de 4 kilogrammes par cheval aux jantes des roues et de 0,25 kilogramme par tonne kilométrique remorquée, et de 2,5 kilogrammes par kilomètre voiture.

Dépenses de construction.

Rien n'est variable comme le coût d'une ligne de tramways mue par l'électricité comme par tout autre système, puisqu'il dépend essentiellement de l'importance des travaux de rectification et des conditions d'établissement de la voie.

L'évaluation suivante est donnée à titre d'indication dans l'ouvrage de Fairchild, pour une ligne à double voie à fil aérien, de 3 milles, ou 4.830 mètres de longueur (les chiffres suivants sont reproduits en unités anglaises).

Voie.

3 milles de fondations avec pierres cassées.....	14.256 $	
Traverses et accessoires des traverses..........	7.603	20
6 milles de ligne électrique, y compris un fil de cuivre de retour pour chaque voie..............	3.000	»
6 milles de double file de rails en acier, à 78 livres par yard avec tous les accessoires.............	44.985	60
Surveillance et frais divers....................	9.506	»
Pavage en pavés de granit sur une surface de 28.158 yards carrés...........................	84.474	»
Total de la voie....	163.824 $,	80

Constructions spéciales de la voie.

Deux aiguilles de croisement.................	1.050 $,	»
Une double voie de croisement...............	270	»
180° de courbes de double voie..............	491	50
Total...............	1.811 $,	50

Ligne électrique aérienne.

270 poteaux en fer, très résistants, avec les tirants......................................	7.020 $,	»
8 poteaux d'extrémité et de courbes...........	400	»
278 poteaux d'arrêt avec fondation de béton dans les courbes......................	2.224	»
6 milles de fils de trolley pesant 10.224 livres, 15 cents la livre............................	1.533	60

Fils de suspension, pour des rues de 50 pieds de largeur, pesant 2.000 livres à 5 1/2 cents la livre.	121	»
0,4 mille de fils d'alimentation, pesant 15.600 livres, à 17 cents la livre......................	2.653	»
Fils d'amarrage, 270 livres à 4 cents, la livre...	10	80
3 milles de ligne pour isolateurs, parafoudres, etc................................	900	»
Fournitures diverses........................	1.500	»
Total..............	16.362 $,	40

Constructions spéciales de la ligne.

6 croisements de trolley.....................	18 $,	»
290° de courbes à double voie................	150	»
Fils de protection sur la moitié de la ligne...	250	»
Total..............	418,	»

Usine motrice.

Terrain	10.000 $,	»
Bâtiments, 175 pieds sur 100 pieds...........	25.000	»
Machines à vapeur : compound à petite vitesse à condensation, 35 chevaux par car, 1.050 chevaux, avec 20 % pour réserve, à 65 dollars le cheval.	68.250	»
Des machines à grande vitesse à accouplement direct coûteraient 55 dollars le cheval, soit en tout 55.750 dollars.		
Équipement électrique : 30 chevaux par car, y compris 20 % pour réserve, en tout 900 chevaux, 35 dollars le cheval..........................	31.500	»
Total..............	134.750 $,	»

Matériel roulant.

15 cars moteurs, de 16 pieds de long.........	15.000 $,	»
15 trucks moteurs..........................	4.125	»
30 moteurs (2 par voiture) avec les accessoires électriques....................................	37.500	»
15 voitures ordinaires......	18.000	»
Total..............	74.625 $,	»

Remises et ateliers de réparations.

Terrains	2.500 $, »
Bâtiment à l'abri du feu	25.000 »
Puits, voies de croisement	4.000 »
Atelier de réparations	4.500 »
Forge	4.000 »
Total	40.000 $, »

Fournitures accessoires.

2 voitures chasse-neige	5.000 $, »
Autres appareils pour la neige	1.000 »
4 voitures-outils	2.250 »
2 tombereaux et divers	400 »
Total	8.650 $, »
Total général	440.441 $, 70

La dépense revient ainsi, d'après ces données, à 240.000 francs par kilomètre en voie simple.

M. Hedges donne pour une ligne de 10 milles à simple voie, ayant 12 voitures motrices et pavée sur 1 mille de longueur, une dépense kilométrique beaucoup plus faible de 140.000 francs calculée sur les bases suivantes :

Voie avec son équipement électrique	60 %
Usine motrice, voitures à 1 040 livres par voiture ..	36
Pavage sur 18 pouces en dehors de chaque rail ..	4

Si on faisait entrer les dépenses de pavage dans la même proportion que le fait M. Fairchild, l'évaluation précédente s'élèverait à environ 170.000 francs.

Les statistiques des trois États de Massachusetts, New-York et Pensylvanie, donnent les résultats suivants exprimés en francs et kilomètres :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	LONGUEUR CONSTRUITE de voies ou de lignes	DÉPENSE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT		
			minimum	maximum	moyenne
		MASSACHUSETTS (par kil. de voie).			
1892	19	223,44	44.900	150.100	95.900
1893	29	481,73	44.200	277.500	113.500
		NEW-YORK (par kil. de voie).			
1892	19	190,74	42.100	1.473.200	164.500
1893	28	370,44	42.100	627.300	182.100
		NEW-YORK (par kil. de ligne).			
1892	19	144,37	42.100	2.629.100	217.300
1893	28	268,47	42.100	1.124.150	251.000
		PENSYLVANIE (par kil. de ligne).			
1892	34	457 »	45.200	494.400	160.600
1893	54	856,83	36.300	552.200	173.900

Quoique l'État de New-York accuse, pour quelques lignes électriques, des dépenses kilométriques de construction très élevées, ces dépenses exceptionnelles sont beaucoup moins nombreuses que pour les tramways à chevaux. Cela s'explique par ce fait que la plupart des lignes électriques sont établies en dehors des grands centres de population, qu'il n'y a notamment aucune de ces lignes à New-York même.

On constate dans les trois États, comme pour les tramways à chevaux, de grands écarts entre les dépenses minimum et maximum.

La dépense moyenne de construction des tramways électriques est d'environ 110.000 francs par kilomètre de voie et 160.000 francs par kilomètre de ligne, en laissant de côté les résultats donnés par l'État de New-York pour les raisons indiquées plus haut.

Cette dépense moyenne est, on le voit, notablement inférieure à celle qui est mentionnée par M. Fairchild et même par M. Hedges.

Faute de renseignements d'ensemble sur les tramways électriques établis en France, nous nous bornons à faire connaître que la ligne électrique de Lyon à Oullins, de 5k,900 de ligne et 10k,460 de voie, a coûté 6.700 francs, par kilomètre de voie simple pour être transformée de tramways à traction animale en traction électrique. Ce chiffre aurait été d'environ 118.000 francs, si la voie avait dû être entièrement construite à neuf.

Aux États-Unis la dépense moyenne de kilomètre de voie simple est d'environ 50.000 francs plus élevée que celle des tramways à chevaux, le rapport des deux dépenses étant compris entre 1,70 et 1,80.

En regard de la dépense minimum de 20.000 francs par kilomètre de voie de tramways à chevaux, on peut évaluer de 35 à 40.000 francs la dépense minimum des tramways électriques.

Au point de vue de la décomposition des dépenses de construction entre la voie et le matériel roulant et du nombre de voitures par kilomètre, les statistiques donnent les résultats suivants en francs et kilomètres :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	LONGUEURS construites de voies ou de lignes	DÉPENSES de la voie	°/°	DÉPENSES du matériel	°/°	NOMBRE de voitures par kil. exploité
MASSACHUSETTS (voies).							
1892	19	223,44	68.300	72	27.700	28	1.4
1893	29	481,73	98.100	87	15.500	13	3.0
NEW-YORK (voies).							
1892	19	190,73	137.200	83	27.300	17	1.2
1893	28	370,44	165.100	91	17.000	9	0.8
NEW-YORK (lignes).							
1892	19	144,37	181.200	83	36.100	17	1.6
1893	28	268,47	227.700	91	23.400	9	1.2
PENSYLVANIE (lignes).							
1892	34	457 »	111.500	69,4	49.100	30,6	1.4
1893	54	856,83	134.400	71,8	39.500	28,2	1.2

Pour l'État de New-York, la répartition des dépenses des tramways électriques entre la voie et le matériel ne peut guère donner lieu à une comparaison avec la répartition relative aux tramways ordinaires parce que nous avons vu que les moyennes de ces derniers sont faussées par des dépenses accessoires excessives d'un certain nombre de lignes; mais, pour les États de Massachusetts et de Pensylvanie, il y a lieu de remarquer que les dépenses proportionnelles du matériel roulant sont notablement plus fortes pour l'électricité que pour la traction animale, quoique le nombre des voyageurs transportés par le premier mode de traction ne soit pas notablement plus élevé pour le premier État, et soit même inférieur pour le second.

Par contre, le nombre proportionnel de voitures est moindre dans la traction électrique que dans la traction animale; ce résultat ne peut provenir que de la vitesse plus grande de marche des voitures électriques et, par suite, du plus grand nombre de voyageurs transportés par chacune d'elles.

Recettes brutes; nombres de voyageurs transportés.

Les résultats des statistiques des trois États peuvent se résumer comme il suit en francs et kilomètres :

ANNÉES	NOMBRE de lignes	LONGUEURS exploitées de voies ou de lignes	NOMBRE DE VOYAGEURS TRANSPORTÉS PAR KILOMÈTRE			RECETTES BRUTES	
			minimum	maximum	moyenne	par kil.	par voyageur
MASSACHUSETTS (voies).							
1892	19	229,52	3.461	140.215	62.835	17.742	0,28
1893	29	508,06	4.536	142.929	75.164	19.703	0,26
NEW-YORK (voies).							
1892	19	219,23	6.838	146.828	46.514	16.441	0,35
1893	28	696,33	6.962	196.031	51.307	13.388	0,26
NEW-YORK (lignes).							
1892	19	164,82	6.838	262.031	64.199	21.863	0,35
1893	28	464,82	6.962	351.252	78.139	20.132	0,26
PENSYLVANIE (lignes).							
1892	34	457 »	4.902	435.276	127.089	37.447	0,30
1893	54	856,83	10.095	341.758	93.963	29.703	0,32

La fréquentation et, par suite, les recettes brutes des tramways électriques des trois États sont relativement peu élevées ; elles ne dépassent celles des tramways à chevaux que dans l'État de Massachusetts, et leur sont très inférieures dans les autres États.

La raison en est, pour l'État de New-York, qu'il n'y a aucune ligne électrique à New-York, et qu'à Brooklyn même il n'y a pas de réseau complètement actionné par l'électricité. Cette situation s'applique aux localités voisines de Boston, dans l'État de Massachusetts.

C'est dans les tramways mixtes, actionnés partie par traction animale, partie par traction électrique, qu'on constate les fortes circulations. C'est ainsi que les tramways de Boston transportent 310.000 voyageurs par kilomètre de voie, et que plusieurs lignes des États de New-York et de Pensylvanie en transportent plus de 700.000.

La recette brute par voyageur varie entre $0^{f},26$ et $0^{f},35$; elle s'éloigne donc peu de la recette moyenne de 5 cents,

ou $0^f,25$ constatée déjà, pour les tramways à chevaux, et indiquée comme la plus généralement répandue aux États-Unis.

Dépenses d'exploitation.

D'après M. Fairchild, la ligne de 3 milles de double voie, dont la dépense de construction a été donnée plus haut, entraîne une dépense d'exploitation de 478,50 dollars qui se décompose ainsi :

12 tonnes de charbon	30 dol.	»
Eau, huiles et graisses	10	»
Dépréciation du matériel roulant	38	»
66 conducteurs	132	»
Ingénieurs et mécaniciens	25	»
Hommes de service	20	»
Entretien des machines, des bâtiments et de la voie	14	»
Réparations des machines et de la ligne	13	»
Réparations des moteurs et des voitures	78	»
Réparations des fils aériens, de la voie et des bâtiments	47	»
Nettoyage de la voie	14	»
Taxes et accessoires	15	»
Dépenses diverses	32	50
Total	468 dol.	50

Avec des trains composés de deux voitures et se suivant toutes les 4 minutes, on obtient un total de 5.300 kilomètres-voitures, ce qui fait ressortir le kilomètre-voiture à $0^f,47$.

M. Hedges indique, comme prix de revient du kilomètre-voiture, le prix de $0^f,374$, et comme intérêt du capital de premier établissement $0^f,076$. Le premier prix de revient est donné par les éléments suivants, en pences rapportés au mille-voiture.

Dépenses générales	Traitement des directeur et employés	0,475	0,900
	Dépenses de bureau	0,175	
	— diverses	0,250	
Dépenses de traction	Salaires des conducteurs	2,100	2,950
	Dépenses faites aux ateliers des voitures	0,250	
	Dépenses de traction	0,600	
Entretien de la voie et des bâtiments	Réparation de la voie	0,600	0,920
	— des fils aériens	0,300	
	— des bâtiments	0,020	
Entretien du matériel et de l'équipement électrique	Réparation des voitures (trucks et caisses)	0,450	1,040
	Réparation des voitures (équipement électrique)	0,500	
	Réparation des machines à vapeur	0,075	
	Réparation des dynamos	0,010	
	Dépenses diverses	0,005	
	Total général en pences		5,810

Le *Street Railway Journal* de New-York a donné les renseignements assez détaillés suivants, sur l'exploitation de sept lignes de tramways électriques, dans lesquelles le prix du kilomètre-voiture varie de 0f,27 à 0f,61, les nombres du tableau étant exprimés en cents par car-mille :

DÉPENSES D'EXPLOITATION	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4	N° 5	N° 6	N° 7
Entretien de la voie	0,79	0,36	0,85	0,27	0,57	2,83	1,23
-- du matériel	0,68	1,67	1,21	1,59	2,24	1,51	2,08
Traction	4,88	4,88	5,56	6,52	5,38	10,98	7,60
Force motrice	0,91	1,33	1,12	1,50	2,18	2,59	2,45
Dépenses générales	1,67	1,32	1,58	2,20	2,13	1,91	2,40
Total	8,93	9,56	10,32	12,08	12,50	19,82	15,76
Rapport des dépenses aux recettes %	52	56	50	60	67	48	61

Nous avons trouvé, enfin, les renseignements suivants sur divers tramways électriques dans des publications américaines.

		Rapport des dépenses aux recettes °/°	Dépenses du kilomètre-voiture
			fr.
Pittsburg	États-Unis	71	0,39
Chicago	États-Unis		0,44
Rochester	États-Unis	48	0,36
Guernesey	Angleterre	54	0,39
Liverpool	Angleterre	73	0,27
Bossbrook et Newy	Angleterre		0,25
City and South London	Angleterre	64	0,34
Hall	Allemagne	54	0,17
Francfort	Allemagne	70	0,30
Budapest	Autriche	50	»
Marseille	France	60	0,45

De leur côté, les statistiques américaines donnent les résultats suivants exprimés en francs :

Années	Dépenses moyennes par kil. de voie ou de ligne	Coefficients d'exploitation			Dépenses par		Revenu du capital engagé
		minimum	maximum	moyenne	voyageur transporté	kil. voiture	
Massachusetts (voies).							
1892	12.500	0,25	0,88	0,70	0,123	0,61	5.6 °/°
1893	14.700	0,57	1,51	0,74	0,121	0,60	4.7
New-York (voies).							
1892	11.600	0.45	1,36	0,70	0,244	»	3.»
1893	9.200	0,33	2,43	0,69	0,181	»	4.3
New-York (lignes).							
1892	15.400	0,45	1,36	0,70	0,324	»	3.»
1893	13.800	0,33	2,43	0,69	0,272	»	4.3
Pensylvanie (lignes).							
1892	23.600	0,11	1,68	0,63	0,186	0,32	8.4
1893	16.300	0,22	3,00	0,55	0,171	0,32	7.2

A Chicago, les prix de revient de la *Chicago City Railway Company* ont été de 0f,44 et 0f,56, en 1893 et 1894, pour des circulations de 114.000 et 162.000 kilomètres-voitures par kilomètre de voie simple.

Les tramways de Cincinnati et de la Compagnie Edison, de New-York, s'exploitent dans les conditions suivantes par kilomètre-voiture :

	Cincinnati	Cie Edison
Entretien de la ligne et de l'usine...	0 f. 004	0 f. 015
— du matériel roulant.......	0 044	0 061
Prix de la force motrice............	0 102	0 066
Personnel de conduite..............	0 072	0 067
	0 f. 222	0 f. 209

En ajoutant les frais du personnel de l'usine, les frais généraux et divers, on arriverait à un prix de revient total d'environ 0 fr. 40.

Les résultats concernant les tramways de Cincinnati sont particulièrement intéressants à enregistrer, parce que l'exploitation s'y fait au moyen de deux fils aériens, les rails ne servant pas de conducteur pour le courant de retour. La *fig.* 2 de la Pl. 7 représente la voiture en service à Cincinnati.

Si le prix de revient par kilomètre-voiture est un peu supérieur, pour l'État de Massachusetts, à la plupart des prix mentionnés ci-dessus, il lui est, au contraire, très inférieur dans l'État de Pensylvanie.

La comparaison des résultats des tramways électriques et des tramways à chevaux montre que les coefficients d'exploitation sont tous plus faibles pour les premiers que pour les seconds. Il en est de même des prix de revient du kilomètre-voiture qui ont été, en moyenne, de 0f,32 et 0f,60 dans les deux États de Pensylvanie et de Massachusetts, tandis qu'ils ont atteint 0f,45 et 0f,66 pour les

tramways à chevaux pour la moyenne des deux années 1892 et 1893.

Ces résultats, et surtout ceux qui se rapportent au prix de revient des kilomètres-voitures, montrent la supériorité des tramways électriques au point de vue de l'économie d'exploitation.

Le prix de revient du kilomètre-voiture de l'État de Massachusetts s'explique par la faible fréquentation du réseau purement électrique de cet État, 20.600 et 24.500 kilomètres-voitures par kilomètre de voie, mais il est loin d'être aussi élevé dans les exploitations un peu actives de cet État. C'est ainsi que sur la partie électrique des tramways de Boston, le prix de revient du kilomètre-voiture ressort à $0^f,080$ pour le matériel et à $0^f,055$ pour la traction, ce qui suppose un prix total d'environ $0^f,40$.

Le prix de $0^f,32$ de l'État de Pensylvanie correspond lui-même à des circulations assez peu actives d'environ 48.400 et 37.000 kilomètres-voitures par kilomètre de voie.

On peut conclure de là que, si le prix de revient du kilomètre-voiture peut atteindre $0^f,60$ aux États-Unis, dans des circonstances défavorables, il ne dépasse pas $0^f,45$ à $0^f,50$ pour des circulations tant soit peu actives.

L'introduction de la traction électrique par fil aérien est encore trop récente en France pour qu'on puisse faire une comparaison d'ensemble, à ce sujet, entre les États-Unis et la France; mais il est possible, tout au moins, de comparer les résultats obtenus, dans le premier pays, par la traction électrique à ceux qui ont été réalisés chez nous par la traction mécanique de divers systèmes.

Bien que les recettes kilométriques des tramways français soient supérieures à celles des tramways électriques américains, et bien, par conséquent, que ces tramways soient dans des conditions économiques plus favorables,

leur coefficient d'exploitation a été, en moyenne, de 0f,72 supérieur à la moyenne des coefficients mentionnés ci-dessus.

Pour ne citer qu'un exemple que nous avons sous les yeux, la ligne de Lyon à Oullins, de 5k,900 de longueur, a été exploitée, en 1894, par traction électrique, dans des conditions qui ont fait ressortir à 0f,58 le coefficient d'exploitation, tandis qu'avec la traction animale il avait été, l'année précédente, de 0f,80. Le prix de revient du kilomètre-voiture n'a été que 0f,49. Cette ligne a donc donné des résultats aussi favorables que les tramways américains, bien que la recette par voyageur n'ait été que de 0f,11, au lieu de 0f,26 à 0f,35. On voit par là que, dans de bonnes conditions, l'exploitation des tramways électriques peut se pratiquer aussi économiquement en France qu'aux États-Unis.

Les dépenses d'exploitation des tramways électriques dans les États de Massachusetts et de New-York se sont décomposées comme il suit, en 1893 :

	Voie	Matériel	Traction	Personnel	Frais divers
Massachusetts.	7,8	11,2	21,7	45,0	14,3
New-York	6,6	11,5	18,8	54,1	9,0

Les dépenses d'exploitation données par MM. Fairchild et Hedges se décomposent approximativement comme il suit, entre les mêmes éléments :

M. Fairchild	12,4	17,2	21,0	40,0	9,4
M. Hedges	10,7	12,9	24,8	44,3	7,3

On ne peut évidemment pas accorder la même autorité à ces évaluations qu'aux renseignements donnés par les statistiques officielles.

Comparés aux résultats mentionnés dans le chapitre précédent, ces derniers montrent que les dépenses de

personnel sont sensiblement les mêmes dans la traction électrique et dans la traction animale. La dépense d'entretien de la voie est presque double ; celle d'entretien du matériel, à peu près triple ; mais, par contre, la dépense de traction, supérieure à elle seule à la somme des précédentes, est réduite d'environ un tiers.

Ces résultats font voir clairement que, si les tramways électriques sont d'une exploitation plus économique que les tramways à chevaux, malgré un entretien plus coûteux de la voie et du matériel, cela tient entièrement à l'économie qu'ils permettent de réaliser sur la traction.

La ligne électrique de Lyon à Oullins a donné, en 1894, les résultats suivants :

Voie	Matériel	Traction	Personnel	Frais divers
2,5	2,5	23	47	25

Ces résultats ne s'écartent pas, comme on le voit, de ceux que nous venons d'indiquer pour les États-Unis.

Dans son ouvrage déjà cité, M. de Marchena mentionne les prix de revient suivants, qui ne comprennent qu'une partie des prix de traction et ne contiennent notamment ni le personnel d'usine ni les frais généraux et divers.

	Vevey-Moutreux	Clermont-Ferrand	Buda-Pesth
Entretien de la ligne et de l'usine	0^c,9	1^c,2	0^c,9
Force motrice	7 6	10 2	7
Entretien du matériel roulant	5 7	4 4	7 2
Personnel de conduite	6 2	8 2	4 6
	20^c,4	24^c,0	19^c,8

Ces résultats sont intéressants à enregistrer, les deux premières lignes étant exploitées au moyen d'une canalisation tubulaire aérienne, et la troisième au moyen d'une canalisation électrique souterraine.

Résultats donnés par l'Edison general electric Company.

Dans une brochure publiée par elle, l'*Edison general electric Company* donne quelques renseignements assez intéressants sur les dépenses d'établissement et les dépenses d'exploitation des tramways électriques.

On fait remarquer, dans cette brochure, que les dépenses d'établissement d'une ligne de tramways dépendent de plusieurs éléments autres que le choix du système de traction adopté. C'est ainsi que, indépendamment des conditions locales, qui varient beaucoup d'une ligne à l'autre, d'après l'*Edison general electric Company*, les prix du charbon varient de 5 à 20 francs la tonne; les salaires des conducteurs et mécaniciens, de 0f,50 à 1 franc l'heure; et, pour les tramways électriques, la consommation de charbon, de 1k,25 à 3k,40 par kilomètre-voiture, et la force effective dépensée, de 4 jusqu'à 10 chevaux-vapeur par voiture.

De même, la dépense du kilomètre-voiture varierait, toutes chances égales d'ailleurs, avec l'importance du trafic. D'une manière générale, et sans donner la preuve de son assertion, l'*Edison general electric Company* estime que la dépense par kilomètre-voiture doit augmenter comme la racine cubique du nombre des voyageurs transportés.

Au point de vue des dépenses de premier établissement, la Compagnie évalue de 11.000 à 16.000 francs par kilomètre la dépense de construction d'une voie simple avec poteaux en bois; de 14.500 à 21.000 francs par kilomètre, la dépense d'une double voie avec poteaux en fer; le nombre des voitures nécessaires à l'exploitation, à 1,3 voiture par kilomètre de simple voie; et leur prix unitaire, de 10 à 11.000 francs. Le prix total de premier établissement est évalué au plus à 84.000 francs le kilomètre, non compris les terrains, les bâtiments et les garages.

La comparaison de ces résultats avec les évaluations données par M. Fairchild, et surtout avec les renseignements statistiques mentionnés plus haut, montre, comme on pouvait l'attendre d'une brochure destinée à la publicité, que ces indications sont, en général, inférieures à la réalité.

Cette observation s'applique également aux renseignements fournis par la Compagnie relativement aux dépenses d'exploitation. Voici les renseignements donnés en milles et cents pour sept lignes exploitées entièrement par traction électrique :

LONGUEUR de voie	LONGUEUR de ligne	NOMBRE des voyageurs transportés par mille de voie	NOMBRE de voitures en service journalier	DÉPENSE moyenne journalière d'une voiture	NOMBRE MOYEN des voyageurs transportés journellement par voiture	NOMBRE de voyageurs transportés par mille-voiture	DÉPENSE d'exploitation par mille-voiture	DÉPENSE d'exploitation par journée de voiture	DÉPENSE par voyageur transporté
8,5	5.0	460.000	20	83	318	3,82	11,82	9,80	3.09
16,0	10,0	199.000	16	125	343	2,75	8,43	10.54	3,07
51,0	35.0	162.857	50	100	313	3 13	12,29	12,29	3,93
40.0	19,5	487.582	140	91	188	2,06	7.80	7,10	3,79
15,5	14,0	167.511	18	106	357	3,35	11.00	11.70	3,28
28.0	23,5	286.852	31	108	597	5,51	12,74	13,76	3,31
3,8	2,8	200.000	5	92	307	3,33	8,49	7,81	2,55
TOTAUX OU MOYENNES									
162,8	109.8	280.543	280	101	346	3,42	9.85	10,43	3,28

Ces renseignements font ressortir la dépense par voyageur transporté à $0^{f},17$ et par kilomètre-voiture à $0^{f},32$. Il n'y a pas de conclusions à tirer du premier résultat, qui ne peut pas être pris comme criterium de l'exploitation d'une ligne, mais il y a lieu de remarquer que la dépense par kilomètre-voiture accusée est égale à celle de l'État de Pensylvanie.

Résultats donnés par la General electric Company.

La *General Electric Company* a absorbé une très grande partie des lignes électriques actuellement en exploitation, par la fusion des Compagnies Edison, Thomson-Houston et quelques autres.

D'après une brochure publiée par elle récemment, la dépense de premier établissement d'une ligne à simple voie, de 16 kilomètres de longueur, avec 12 voitures motrices, et 1/10[e] de la voie pavée en pavés de granit, s'établirait comme suit :

Voie	518.000 fr.
Stations électriques, voitures motrices	310.000
Pavage	36.000
Total	864.000

Cette évaluation ne donnerait que 54.000 francs par kilomètre. La différence entre ce chiffre et la moyenne de 240.000, donnée par les statistiques, fait beaucoup plus que représenter les dépenses de terrains et de bâtiments non comprises dans l'évaluation de la *General electric Company*.

Les dépenses d'exploitation sont évaluées comme il suit, ramenées au kilomètre-voiture :

Frais généraux	0 fr. 058
Frais de traction	0 fr. 190
Entretien de la voie et des bâtiments	0 fr. 058
Entretien du matériel	0 fr. 067
Total	0 fr. 373

Ce résultat, un peu supérieur à celui donné par la Compagnie Edison, paraît se rapprocher davantage de la réalité des faits, comme moyenne générale.

D'après les renseignements fournis par la Compagnie Thomson-Houston, les tramways de son système, dont la première ligne a été installée à Dayton (Ohio), en 1888, présente le développement suivant :

	NOMBRE de lignes	NOMBRE de voitures	LONGUEUR TOTALE des lignes en kilomètres
15 décembre 1889	37	307	336
1er avril 1890	61	665	746
15 mai 1891	119	1.952	2.405
1er mars 1892	188	2.961	4.255
15 mai 1893	415	9.441	8.160
15 mai 1894	510	11.950	9.600

En Europe, la première application de ce système a eu lieu en 1892, et, de ce moment au milieu de 1894, les tramways du système Thomson-Houston ont acquis le développement suivant :

France	Bordeaux	6kil.	48
	Lyon	8	
	Havre	19	
	Roubaix-Tourcoing	15	
Allemagne	Hambourg	77	114
	Brême	14	
	Remscheïd	10	
	Erfurt	10,5	
	Gotha	2,5	
Belgique	Bruxelles	17,5	29
	Chemin de fer aérien	11,5	
Angleterre	Leeds	9	9
Serbie	Belgrade	10	10
Italie	Fiesole	7	13
	Milan	6	
	Total général (kilomètres)		223

Dommages causés par l'utilisation des rails comme retour de courant aux canalisations métalliques avoisinantes.

Malgré les précautions prises pour éviter cet effet, il arrive parfois que le courant de retour quitte, au moins partiellement, les rails des voies de tramways électriques pour se diriger vers les conduites métalliques qui lui offrent une section d'écoulement plus considérable que les rails.

De très faibles différences de potentiel suffisent à déterminer des attaques très énergiques des conduites ainsi suivies par le courant électrique, et on a constaté des différences de plusieurs volts entre les rails et les tuyaux. Il se produit, par suite, des phénomènes d'électrolyse qui ont causé parfois des dommages sérieux aux conduites.

M. Forham, ingénieur d'une Compagnie américaine de téléphones, a fait des expériences à Boston, que rapporte M. de Marchena (*), et dans lesquelles il est arrivé aux conclusions suivantes :

1° Tous les tramways à trolley unique donnent lieu à une action électrolytique et, par conséquent, à une attaque des tuyaux et câbles de leur voisinage immédiat ;

2° Une fraction de volt de différence entre les tuyaux et la terre humide qui les entoure suffit pour occasionner l'attaque ;

3° L'assemblage électrique des rails et l'établissement d'un conducteur de retour à forte section sont des moyens insuffisants pour conjurer le danger ;

4° Il est, de même, inutile et coûteux de munir les tuyaux à protéger de grandes plaques de terre, car la surface d'attaque est trop considérable ;

5° Un isolement, même soigné, des câbles et tuyaux au

(*) *La traction mécanique des Tramways*, par M. E. de MARCHENA.

moyen du brai, ne les préserve en rien des actions électrolytiques; il n'est pas plus utile de chercher à interrompre leur continuité électrique au moyen de joints mauvais conducteurs;

6° Il est préférable de relier le pôle positif de la dynamo au fil du trolley : le sens du courant ainsi déterminé est moins préjudiciable à la bonne conservation des tuyaux ;

7° Le procédé qui a donné les meilleurs résultats consiste à relier l'autre pôle de la dynamo à un fort conducteur relié tous les 30 mètres aux rails et aux tuyaux menacés. Il est bon d'employer un conducteur séparé pour chaque groupe de tuyaux à protéger, mais il n'est pas du tout suffisant d'établir une simple liaison à l'usine entre ces tuyaux et les dynamos;

8° Les jonctions entre les tuyaux et les rails doivent être l'objet d'une surveillance active, et des mesures électriques fréquentes doivent être prises pour s'assurer de l'équilibre de potentiel entre les tuyaux à protéger et les corps environnants.

M. de Marchena attribue à ces inconvénients ce fait : 1° que la *Metropolite Traction Company*, de New-York, a fondé un prix de 250.000 francs pour l'inventeur d'un système de tramways urbains, ayant des avantages équivalents à ceux du système à trolley sans en avoir les inconvénients; 2° que la Compagnie nationale des Téléphones, en Angleterre, et les Sociétés d'eau et de gaz ont fait une opposition très vive au système de traction électrique utilisant la terre comme retour.

Les inconvénients réels dont il s'agit, et qui n'intéressent, d'ailleurs, que les réseaux urbains, n'ont pas empêché les tramways électriques de prendre un énorme développement aux États-Unis. Il est probable qu'en France ils n'entreront pas en balance avec les avantages procurés par la traction électrique. Néanmoins, ils montrent qu'il

convient de se préoccuper de la proximité des conduites d'eau ou de gaz et des fils téléphoniques ou télégraphiques dans l'établissement des lignes de tramways électriques.

Usine de l'avenue Delaware, Philadelphie.

La *People's Traction Company Philadelphie* a établi récemment, sur l'avenue Delaware, une importante usine de traction électrique, dont la Pl. 11 reproduit les principales dispositions. La Compagnie a le projet de construire deux autres usines, dont l'une doit avoir 2.500 chevaux de force.

Les chaudières comprennent actuellement six batteries composées de deux chaudières Babcock et Wilcox, de 250 chevaux chacune. On a réservé l'espace pour établir quatre autres batteries. L'usine aura alors une puissance de 5.000 chevaux.

On remarquera sur la coupe transversale de l'usine une disposition assez fréquente aux États-Unis. Les chaudières, au lieu d'être placées dans un sous-sol ou au rez-de-chaussée, sont établies au premier étage, au-dessus des machines; le charbon est monté en haut de l'usine.

Il y a actuellement trois machines tandem compound Corliss, construites par l'*Edward P. Allis Company* de Millwaukee. Les cylindres ont 24 et 48 pouces de diamètre. La marche des machines est de 67 tours par minute. Les volants ont 24 pieds 4 pouces de diamètre. Une quatrième machine semblable sera installée plus tard.

L'équipement électrique se compose de trois dynamos de la *General electric Company* de 15.000 kilowatts, à douze pôles.

212 voitures sont actionnées par chaque dynamo. Le rendement des machines est de 50 %.

Tramways de Boston.

Aucune ville des États-Unis ne possède, à beaucoup près, un réseau de tramways électriques aussi étendu et aussi complet que la capitale de l'État de Massachusetts et les agglomérations voisines : Charleston, Cambridge, Chelsea... dont la population s'élevait, à la fin de 1893, à près d'un million d'habitants.

La puissante *West End-Street Railway Company* possède dans cet ensemble de villes contiguës la presque totalité des tramways qui y sont actuellement en exploitation. Elle y possédait, à la fin de 1893, 431^k,5 de tramways, se décomposant ainsi : 241^k,5 de voies principales, 146^k,5 de secondes voies, 43^k,5 de voies de croisement ou de garage. Sur ce réseau, environ 300 kilomètres étaient exploités par traction électrique à fil aérien. La traction électrique, s'appliquant à 70 $^0/_0$ de la longueur exploitée, représentait les 3/4 du parcours total des cars et les 4/5 des voyageurs transportés.

Nous ne pouvons donner une idée plus exacte de la façon dont l'exploitation des tramways électriques se pratique actuellement aux États-Unis qu'en donnant quelques détails sur la construction et l'exploitation de la *West End Company* dont toutes les installations électriques ont été faites par la Compagnie Thomson-Houston.

Le plan de la Pl. 2 représente la ville de Boston et les agglomérations voisines. On peut voir par son inspection à quel point le développement des moyens de transport mécanique y est développé.

C'est en 1888 que la Compagnie prit naissance en absorbant un certain nombre de petites Compagnies. A cette époque, la Compagnie possédait 7.800 chevaux et 1.480 voitures. Les transports urbains ayant pris à cette époque beaucoup d'extension, on étudia la substi-

tution de la traction mécanique à la traction animale, et on songea d'abord à l'établissement de tramways funiculaires, mais on lui préféra la traction électrique par fil souterrain, qui fut elle-même abandonnée et remplacée finalement par les fils aériens.

A la fin de 1893, la traction animale se faisait au moyen de 2.123 chevaux, de 524 cars fermés et 302 cars découverts ; et la traction électrique, par 720 voitures fermées de $4^{m},80$, $6^{m},00$ et 7,50 de longueur, 624 voitures ouvertes de 7 à 10 bancs et un certain nombre de chasse-neige et de voitures destinées à l'installation et aux réparations des lignes.

L'électricité est produite dans trois usines pouvant donner respectivement 1.120, 6.000 et 26.000 chevaux de force. La dernière usine, désignée par la Compagnie sous le nom de station centrale, de création toute récente, mérite de faire l'objet d'une description spéciale.

Usine centrale. — La *fig.* 5, Pl. 12, donne les dispositions d'ensemble de la station centrale, qui occupe une superficie de $2^{h},18$. Cette usine possède, sur le bord de la Baie du Sud, un quai de 90 mètres de développement muni des moyens les plus perfectionnés de chargement et de déchargement et réuni au bâtiment des chaudières par une voie exploitée par l'électricité. Dans la situation actuelle de 'usine, la vieille usine, qui est de 2.000 chevaux de force, existe encore, et on n'a encore construit que la moitié de l'usine neuve, qui possède une force de 14.000 chevaux. Quoique provisoire, cette usine représente déjà, comme on le voit, une grande puissance.

L'usine étant située sur un terrain peu résistant, à 5 mètres au-dessus de l'étiage de la mer, on a constitué les fondations au moyen de pieux de 15 mètres de longueur, $0^{m},30$ de diamètre, et on les a battus à $0^{m},75$ de distance les uns des autres ; la cheminée seule a exigé le

battage de 810 pieux. Après le battage des pieux, on a établi les fondations du bâtiment des machines sur une couche de $1^m,50$ d'épaisseur d'un béton formé de 6 parties de pierres cassées, 2 parties de sable et 1 partie de ciment de Portland. Les fondations ont entraîné une dépense de 1.500.000 francs.

Pour le calcul des fermes des toitures et des diverses pentes des constructions, on a admis, en plus du poids de ces constructions, une charge de neige de 1 kilogramme par décimètre carré et un effort horizontal, susceptible d'être produit par le vent, deux fois plus considérable. On a admis, pour le fer, un effort effectif maximum de $8^k,40$ par millimètre carré pour la tension, et $7^k,20$ pour la compression dans les supports des fermes et, pour les rivets, un effort maximum de $6^k,3$. Dans les essais, on s'est assuré que les fers plats pouvaient supporter un effort de 32 kilogrammes avant de se rompre, et pouvaient se plier à angle droit à chaud sans montrer de trace de criques ; on s'est assuré, en outre, que les barres de fer à rivets pouvaient se plier jusqu'au contact des branches opposées sans signe de déchirures.

Chaudières. — Le bâtiment des chaudières, dont les *fig.* 3 et 4 donnent la coupe et le plan, est construit pour recevoir 12 batteries de chaudières tubulaires, du constructeur bien connu Babcok et Wilcox, de New-York. Chaque batterie se compose de deux corps de chaudières en tôle d'acier résistant à une pression de 14 kilogrammes par millimètre carré ; ces corps de chaudières ont 7 mètres de longueur, $6^m,30$ de largeur et $4^m,50$ de hauteur. Chacune de ces batteries est de 2.000 chevaux de force, ce qui donne un total de 24.000 chevaux. En 1894, il n'y avait encore que 6 batteries d'installées.

Chaque chaudière est surmontée de trois réservoirs de vapeur en acier de $0^m,90$ de diamètre. Pour parer aux

accidents, il y a une double canalisation de vapeur constituée au moyen de tuyaux de $0^m,075$ à $0^m,125$ de rayon.

Dans l'espace de 7 mètres laissé libre entre les deux rangées de chaudières se trouve une voie ferrée pour la manutention du charbon. En face de chaque porte des foyers des chaudières se trouve une ouverture par laquelle on jette les cendres dans un wagonnet qui circule dans une galerie inférieure. Les cendres sont conduites à l'extrémité de la galerie, dans un four, où elles sont prises par une chaîne à godets qui les conduit en haut du bâtiment, et, finalement, on les évacue dans un emplacement destiné à les recevoir.

Entre le bâtiment des chaudières et la cheminée se trouvent des chambres de 9 mètres de largeur et de hauteur et 52 mètres de longueur, dans lesquelles les produits de la combustion des chaudières circulent avant de se rendre au brûleur de fumée, en chauffant l'eau d'alimentation des chaudières. Les réchauffeurs, du système Lowcock, construits en Angleterre, consistent en une série de tubes de 3 mètres de hauteur et $0^m,10$ de diamètre, au nombre total de 2.400, dans lesquelles l'eau d'alimentation des chaudières est en mouvement continu.

Une usine aussi considérable a nécessité une cheminée d'une importance exceptionnelle. Au-dessus de la fondation de béton, on a construit une fondation de blocs de granit de 5 mètres de hauteur. A la base, et jusqu'en haut du bâtiment des chaudières, la cheminée présente la forme d'un carré de $8^m,40$ de côté; plus haut, elle a une forme circulaire, avec un diamètre qui varie de $7^m,80$ à $5^m,40$; sa hauteur totale est de 75 mètres. La cheminée est formée d'un mur extérieur de $0^m,80$ à $0^m,40$ d'épaisseur; à l'intérieur, et à une certaine distance de ce mur, se trouve une partie circulaire de $0^m,50$ à $0^m,20$ d'épaisseur, qui peut prendre un allongement correspondant à l'échauffement produit par le gaz de la cheminée.

Machines à vapeur et dynamos génératrices. — Les *fig.* 1 et 2 représentent la coupe et le plan de la nouvelle installation. Quand elle sera terminée, cette installation comprendra 13 machines Reynolds-Corliss à triple expansion, autant de pompes Corliss d'alimentation, de condenseurs Wheeler, et 4 dynamos électriques par machine. En 1894, il n'y avait que 6 unités de construites.

Les unités sont indépendantes les unes des autres et peuvent être mises séparément en mouvement. Chaque machine développe une force de 2.000 chevaux.

Les cylindres de haute et moyenne pression sont disposés en tandem sur une même fondation, et ont séparativement $0^m,57$ et $0^m,91$ de diamètre; le cylindre de basse pression est établi sur une fondation distincte et a $1^m,30$ de diamètre.

Le volant a $8^m,70$ de diamètre, $2^m,70$ de largeur, et pèse 80 tonnes; il porte deux courroies de cuir, de $1^m,35$ de largeur, 45 mètres de longueur, qui mettent en mouvement l'arbre de transmission placé à l'étage inférieur.

Les tuyaux d'amenée de la vapeur, établis en double, en cas de réparations et d'accidents, ont $0^m,50$ de diamètre près des chaudières, et $0^m,47$ près des machines.

Derrière les cylindres à basse pression, se trouvent des machines motrices Corliss qui actionnent les pompes à air des condenseurs et les pompes d'alimentation des chaudières. Chaque machine est pourvue d'un condenseur à surface Weeler, dans lequel l'eau froide est amenée de la Baie du Sud, au moyen de tuyaux, dont le diamètre va en diminuant, dans le bâtiment des machines, de $0^m,07$ à $0^m,03$ et qui sont installés de façon à fournir 76.000 mètres cubes par jour.

Les dynamos sont du type multipolaire Thomson-Houston à quatre pôles; elles ont une capacité de 600 ampères, ce qui correspond, pour 600 volts, à 360.000 watts avec une vitesse de 400 tours à la minute. Chaque dynamo

donne une force de 500 chevaux, ce qui représente, par conséquent, pour chaque groupe de 4 dynamos, une force de 2.000 chevaux-vapeur. L'armature est du type Gramme. Chaque dynamo pèse 9 tonnes.

Longueur des voies. — La longueur totale des voies appartenant à la Compagnie était, en septembre 1893, de........................... 254.329 milles

La longueur totale des voies exploitées à bail était de........................ 14.009 —

Par suite, la longueur totale exploitée était de........................... 268.338 —

Cette longueur se décomposait ainsi :

Voie principale....................	150.179	milles
Seconde voie.......................	90.862	—
Voies de croisement et de garage....	6.813	—
Voies des remises..................	20.484	—

Le poids des rails par mètre courant varie de 32k,70 à 53k,5.

La longueur des voies équipées avec la traction électrique par fil aérien était de........................... 182.521 milles

La longueur des voies électriques en construction était de................ 25.432 —

Enfin, la longueur des fils d'alimentation était de..................... 377.439 —

La traction électrique a été réalisée très rapidement; en effet, il n'y avait, en septembre 1892 et en septembre 1891, que 148.045 milles et 81.234 milles équipés avec fil électrique aérien.

La rapidité de la transformation du réseau des tramways de Boston est bien mise en évidence par le tableau suivant :

	1888	1889	1890	1891	1892	1893	1894
Nombres de milles de voie		233,24	234,69	244	259,80	268,33	272,89
Milles équipés électriquement.			65,46	81,23	148,04	182,50	212,47
Nombre de voitures à chevaux.	1.584	1.794	1.694	1.662	1.226	826	606
Nombre de voitures électriques.		47	334	469	1.028	1.346	1.509
Nombre de milles parcourus	15.431.758	16.573.831	17.665.360	17.462.572	17.498.660	18.669.809	19.240.486
Nombre de milles parcourus par l'électricité ...				4.558.186	9.622.000	14.189.054	16.794.961
Rapport des dépenses aux recettes........	82	82	77	74,4	70,8	68	68,8
Coût des installations électriques en dollars.		412.600	1.510.321		5.752.694	7.608.069	

Les renseignements suivants s'appliquent à l'année 1893.

Mouvement des voyageurs et recettes.

Nombre de voyages, aller et retour	2.303.462
— de milles parcourus............	18.669.809
— de voyageurs transportés	133.863.618
Recette des voyageurs..................	$ 6.606.607,27
Recette moyenne par voyageur..........	0,04943

La différence existant entre cette recette moyenne et le tarif normal de 5 cents par personne s'explique par le transport d'un certain nombre de voyageurs non payants.

Le nombre total de milles parcourus se décompose de la manière suivante :

Voitures électriques à double moteur.........	8.076.466	14.220.847 =	76,17 %
Voitures électriques à moteur simple.........	6.144.381		
Voitures à traction animale.........		4.448.962	23,83 %
		18.669.809	100,00 %

Les recettes des voyageurs se répartissent comme il suit, avec une proportion encore plus forte pour la traction électrique :

Voitures électriques........... ..	5.315.266,30 =	80,33 %
— à traction animale......	1.301.340,97 =	19,67 %
		100,00 %

Matériel. — Le matériel se décomposait, à la fin de septembre 1893, de la manière suivante :

Voitures fermées à traction animale............	524	826
— ouvertes — —	302	
— électriques fermées, de $5^m,40$ de longueur.	119	720
— — — de $6^m,00$ —	164	
— — — de $7^m,50$ —	437	
— — ouvertes, de 7 à 8 bancs......	527	624
— — — de 9 bancs........	50	
— — — de 10 bancs........	47	
Chevaux....................................	2.123	
Voitures électriques..........................	1.657	
Chasse-neige traction animale.................	83	
— — électrique...............	84	
Traîneaux....................................	372	
Voitures diverses............................	548	

Le matériel par mille de longueur se compose, pour les voies exploitées par la traction animale :

De $\frac{524}{160} = 3,27$ voitures fermées, $\frac{302}{160} = 1,89$ voiture ouverte ; en tout, 5,16 ;

Et, pour la traction électrique, de $\frac{730}{182} = 4$ voitures fermées, $\frac{634}{182} = 3,43$ voitures ouvertes ; en tout, 7,43.

Résultats de l'exploitation. — Il ne sera pas sans intérêt de faire connaître le résultat de l'exploitation de la

West End-Street Railway Company, parce que ce résultat s'applique à la Compagnie la plus importante des États-Unis et, sans doute, du monde entier, et que rien n'est difficile comme d'obtenir des renseignements précis sur les résultats des tramways américains, en dehors des documents publiés par les trois États de l'Est.

Les comptes qui suivent s'appliquent à l'année qui finit le 30 septembre 1893, et sont exprimés en dollars.

Capital et emprunts consolidés :

		$
Capital ordinaire........	9.085.000	15.485.000 »
— —	6.400.000	
Dette consolidée..........................		6.690.000 »
Emprunts		1.990.144,07
Divers		224.866,67
Profits et pertes..........................		179.861,01
Total..........................		24.569.871,75

Dépenses de premier établissement

	$
Construction	6.076.760,31
Immeubles	7.315.153,06
Équipement général........................	512.614,57
Chevaux (2.123)...........................	284.482 »
Voitures (826)............................	690.448,06
Voitures électriques (1.346)................	4.318.988,91
Equipement des lignes électriques...........	1.276.417,67
Remise des voitures électriques	166.811,02
Équipement de l'usine électrique............	1.845.853,29
	22.487.528,89

auxquelles il convient d'ajouter:

	$
Les dépenses de diverses lignes louées.......	584.141,90
Et les sommes en caisse....................	1.498.200,96
Ce qui donne un total de	24.569.871,75

Le résultat de l'exercice financier 1892-1893 s'est

soldé comme il suit :

		$
Recettes brutes		6.692.578,07
Dépenses d'exploitation		4.550.734 68
Recettes nettes		2.141.843,39
A déduire : les taxes...	321.501,68	689.778,84
Les charges d'intérêt et le loyer des lignes diverses	368.277,16	
D'où une disponibilité de		1.452.064,55
Sur laquelle il a été prélevé :		
Un dividende de 8 0/0 pour le capital privilégié		512.000 »
Un dividende de 9 0/0 pour le capital ordinaire		817.650 »
Soit en tout		1.329.650 »
A reporter sur l'année suivante un solde de...		122.414,55

Les recettes et les dépenses ont été les suivantes :

Recettes :	$	*Dépenses :*	$
Voyageurs	6.616.607,27	Frais généraux...	401.192,85
Location de voies..	15.537,27	Entretien de la voie.	281.015,19
Vente de fumier...	7.809,88	Entretien des bâtiments	66.440,09
Location d'immeubles	19.380,26	Entretien des voitures	298.068,46
Annonces	31.326,21	Entretien des chevaux	51.101,15
Divers	1.917,18	Entretien de l'équipement électrique	343.073,28
Total	6.692.578,07	Enlèvement de la neige	198.247,19
Total de 1894	6.823.879 »	Dépenses de traction	2.691.273,55
		Accidents	220.322,02
		Total	4.550.733,78
		Total de 1894...	4.807.083 »

Les résultats consignés ci-dessus font remonter la dé-

pense d'exploitation par voyageur transporté à 0f,11 et par kilomètre-voiture à 0f, 79.

Le coefficient d'exploitation est de 69 %.

Résultats comparatifs de l'exploitation par traction animale et électrique.

	CHEVAUX	ÉLECTRICITÉ	AUGMENTATION
Recettes nettes par voyageur, en cents	0,98	1,56	62 %
Recettes nettes par car-mille...	5,56	9,64	73 —
Recettes nettes par mille de voie, en livres	504	793	57 —
Dépenses par mille, en livres..	7,019	11,247	60 —

Dépenses du kilomètre-voiture électrique pour la traction et l'équipement électrique. — D'après les directeurs de la Compagnie, la consommation journalière du charbon a donné lieu, pendant le mois d'avril 1894, aux observations suivantes :

	CHARBON consommé	AMPÈRES	VOITURES en service	AMPÈRES par voiture
Moyenne journalière.	325.121	185.375	300	2.577

Chaque voiture électrique a parcouru 250 milles par jour à une vitesse de 15 milles à l'heure.

Durant le même mois, les dépenses de traction et d'équipement électrique par car-mille ont été les suivantes en cents :

Entretien de l'équipement électrique fixe.

	cents	
Machines à vapeur et chaudières	0,20	0,36
Équipement électrique des usines	0,14	
Entretien des feeders	0,02	

Entretien de la ligne et de l'équipement des voitures.

Entretien des poteaux	0,10	2,09
— des fils aériens	0,32	
— des fils de la voie	0,06	
Lampes électriques des voitures	0,01	
Entretien des moteurs des voitures	0,34	
— des engrenages	0,16	
— divers	0,52	
— des rhéostats et des contrôleurs	0,52	
— des trolleys	0,06	

Force motrice

Dépenses générales	0,01	1,73
Charbon	0,87	
Dépenses diverses	0,85	
Total général en cents		4,18

Cette dépense n'a varié que de 3,66 à 4,39 dans les divers tronçons entre lesquels la traction électrique a été partagée. Elle correspond approximativement à 0f,40 par kilomètre-voiture, comme nous l'avons dit plus haut.

Tramways à fil souterrain.

Quoiqu'on soit moins sensible aux États-Unis qu'en Europe aux questions d'osthétique, on a cherché cependant à remplacer le fil aérien par un fil souterrain.

Des essais ont été faits dans ce sens à Chicago, bien que, par suite de ses hivers très rigoureux, cette ville ait été moins désignée que la plupart des villes américaines à des expériences de ce genre. On en a fait aussi récemment à Washington, dont le climat est plus tempéré, et

dont les rues sont assurément parmi les mieux entretenues des cités américaines.

L'essai de Washington, que nous avons eu l'occasion de voir en exploitation, est un des plus intéressants, en ce sens que l'emploi du fil souterrain s'y trouve combiné avec celui du fil aérien sur une même ligne.

Conduite électrique de la Love electric Traction Company. — Le *Rock Creek Railway* part du centre de Washington et aboutit à une région suburbaine qu'on a voulu mettre en valeur en lui assurant des transports rapides. Dans la partie urbaine, la ligne est mise en mouvement au moyen d'un fil souterrain et, dans sa partie suburbaine, au contraire, elle est actionnée au moyen d'un fil aérien ordinaire.

Le système employé est celui de la *Love electric Traction Company* et est semblable, à quelques détails près, à celui qui a été employé sur le *North Chicago-Street Railway*. Quelques figures permettront de se faire une idée exacte de ce système.

Les *fig.* 1 et 2, Pl. 13, représentent des sections de la conduite souterraine dans laquelle est placé le fil électrique, la *fig.* 1 étant une coupe transversale correspondant aux regards placés de distance en distance, et la *fig.* 2 donnant les coupes sur un cadre de la voie ou au milieu des cadres. Les cadres sont espacés tous les $1^m,2$, et pèsent 120 kilogrammes chacun. Ils sont appuyés sur une fondation de béton. La conduite est en fonte et a 15 millimètres d'épaisseur. Les rails pèsent 28 kilogrammes et sont boulonnés directement sur les cadres. Le pavage peut être constitué au moyen d'asphalte, de pavés de granit ou de pierres cassées. Les rails de la rainure sont recourbés de façon à mettre les conducteurs électriques à l'abri de l'eau et de tout ce qui peut tomber dans la conduite. Il y a des trous d'homme tous les 30 mètres, et ces

trous sont rendus étanches au moyen de tuyaux d'assainissement.

Les conducteurs métalliques sont en cuivre doux et ont 15 millimètres de diamètre ; ils sont supportés par des isolateurs. Ils ont 150 mètres de longueur et sont réunis bout à bout par des liaisons qui en permettent la contraction et la dilatation. On emploie un potentiel de 500 volts.

Une élévation latérale du trolley est mentionnée sur la *fig.* 4 et la disposition générale de la voie en est représentée sur la *fig.* 3. Le trolley porte des roues qui peuvent être amenées au contact de chacun des fils au moyen de mécanismes mus de la plate-forme de la voiture. Indépendamment du trolley souterrain, chaque voiture porte un trolley aérien ordinaire. Le passage d'un mode de traction à l'autre se fait très simplement et sans perte de temps.

La *fig.* 5 représente une coupe en long de la voie.

Il ne nous a pas été possible d'avoir de renseignements précis sur le résultat de ce système, soit au point de vue du prix de premier établissement, soit à celui du prix d'exploitation.

La ligne dont nous venons de donner la description satisfait au double désidératum d'une exploitation aussi économique que possible, puisqu'elle est faite sur la plus grande partie de sa longueur au moyen du fil aérien ordinaire, et d'un aspect aussi satisfaisant que possible, puisque, sur toute la partie urbaine de son parcours, on a eu recours au fil souterrain.

Alors même que l'emploi de fil souterrain serait moins économique que celui du fil aérien, cette juxtaposition de deux systèmes pourrait être imitée dans des cas analogues.

Le prolongement du tramway à câble de la troisième avenue, à New-York, entre les 186ᵉ et 194ᵉ rues, sur 2.300 pieds de longueur, s'exécute avec la conduite élec-

trique de la *Love Company*. La Compagnie de la troisième avenue compte transporter les voyageurs, sans rompre charge de Post-Office à la 194e rue, et elle compte terminer l'installation du prolongement électrique de la ligne à la fin de l'année. Sur cette ligne, les plus grandes dépenses sont justifiées, puisque la Compagnie transporte jusqu'à 150.000 voyageurs par jour.

Les fermes adoptées sont celles du tramway de la 125e rue ; elles sont espacées de 4 pieds 1/2, et construites sur une fondation de béton. La *fig*. 6 représente la coupe générale de la voie ; la *fig*. 7, le plan et l'élévation du trolley ; la *fig*. 8, les coupe et plan d'une ferme ; et enfin la *fig*. 9, les détails de support du fil.

Les voitures, au nombre de 6, auront 16 pieds de long et seront équipées par la *General electric Company*.

Conduite électrique de la Metropolitan Railroad Company, de Washington. — Depuis notre visite à Washington, la *Metropolitan Railroad Company* de cette ville a décidé d'exploiter la ligne de la 9e rue, où elle avait d'abord projeté d'employer des accumulateurs électriques, au moyen d'un caniveau électrique souterrain.

Les *fig*. 10 à 14 donnent les coupes transversale, horizontale et longitudinale, ainsi que le plan de la voie. La longueur de la ligne sera de 7,73 milles.

Les fermes pèsent 267 livres, ont 21 pouces de profondeur. Le conduit est formé entièrement de béton de Portland.

La dépense de la ligne par mille de voie simple est évaluée à 34.811,40 dollars.

Conduite électrique de la Metropolitan-Street Railway Company, de New-York. — Cette Compagnie, exploite sur l'avenue Lenox, entre les 116e et 146e rues, une ligne

double à conduite électrique souterraine. La station de force comprend deux chaudières, de 250 chevaux chacune, Babcok et Wilcox, et deux machines compound Allis-Corliss.

Des lignes électriques à fil souterrain sont exploitées à Blackpool, en Angleterre, et à Buda-Pesth. Nous sortirions du cadre de ce travail, si nous abordions l'étude de ces lignes. Nous nous bornerons à dire que la ligne de Buda-Pesth, bien que plus onéreuse qu'une ligne à fil aérien, n'a coûté que 100.000 francs par kilomètre de voie. Les renseignements de la page 169 montrent que l'exploitation de cette ligne se fait dans des conditions satisfaisantes d'économie. La consommation de charbon a varié de $5^{kg},4$ à $2^{kg},2$ par kilomètre-voiture, pour des voitures de 34 places pesant 4.800 kilogrammes à vide (*).

Tramways aériens.

Tramway de l'Exposition de Chicago. — Un tramway établi sur une voie aérienne, au lieu d'être mû par des locomotives comme celles de divers chemins de fer aériens de New-York, Brooklyn et Chicago, peut être actionné par l'électricité.

Tel a été le cas du chemin de fer électrique de l'Exposition de Chicago ; et, bien que ce genre d'installation ne soit pas encore développé aux États-Unis, il est intéressant de faire connaître comment ce tramway a été installé.

La longueur de la ligne était de $5^{k},5$, et les stations au nombre de 18. Le transport des voyageurs était effectué au moyen de 15 trains formés de 1 ou 2 voitures automo-

(*) Nous n'avons pas connaissance que le grand caniveau souterrain « circulable », évitant les inconvénients du petit caniveau, ait été appliqué aux Etats-Unis.

biles de 90 places chacune, de 3 à 6 voitures remorquées de 100 places, se suivant avec intervalle de 4 minutes (*).

La plate-forme en voie normale était supportée par des poutres en sapin de $0^m,30$ d'équarrissage et de 6 à 9 mètres de hauteur, solidement encastrées dans le sol, *fig.* 15, Pl. 13. Les poutres horizontales de la plate-forme supportaient 4 longerons à double T en acier, de 80 kilogrammes par mètre, et, sur ces longerons, les traverses de bois de la voie et les rails de roulement. Entre les deux voies, quatre rails semblables servaient : deux à donner le courant aux moteurs des voitures, et deux à alimenter les premiers en servant de feeders. La *fig.* 16 représente le mode de connexion à chaque longueur de rail, des rails feeders et des rails de contact. Les rails de service et les longerons de la charpente formaient le circuit de retour.

Les voitures de 15 mètres de longueur et de $2^m,70$ de largeur, pesant 30 et 22 tonnes, suivant qu'elles étaient automobiles ou remorquées, étaient montées sur des trucks à bogie dans lesquels les essieux étaient écartés de $1^m,676$, et, pour rendre le mouvement de rotation plus facile, les caisses reposaient sur une série de galets disposés en couronne au centre et en secteurs aux extrémités. Les roues en fonte avaient $0^m,91$ de diamètre.

Les portes étaient en deux parties et à coulisse, et leur manœuvre était faite à une extrémité des voitures au moyen d'un levier. Chaque voiture était éclairée par 14 lampes à incandescence.

Quatre moteurs Thomson-Houston, du type G.E. 2.500, pouvant développer normalement une puissance de 100 kilowatts (133 chevaux), actionnaient chacun un essieu au moyen d'un engrenage à simple réduction. Les moteurs étaient reliés à un contrôleur servant à les coupler de dif-

(*) Cinquième bulletin de la Compagnie française Thomson-Houston

férentes sortes, de manière à faire varier l'effet de traction et la vitesse, les quatre moteurs étant couplés en tension, pour les démarrages, et en parallèle, pour la vitesse maximum.

C'est par des patins glissant sur les rails de contact que le courant était amené aux moteurs. Ces patins étaient formés d'une semelle en fonte frottant simplement sur le rail, sous l'action de son propre poids, et supportée par des bras en fer; ces semelles portaient sur leur face inférieure des bandes de cuivre minces superposées et fusibles. Le courant avait un potentiel de 500 volts, et le démarrage s'effectuait assez rapidement pour qu'à 100 mètres du point de départ les voitures aient une vitesse de 16 kilomètres à l'heure.

Les stations génératrices comportaient dix chaudières Babcok et Wilcox, de 25 chevaux, chauffées au pétrole. Deux économiseurs échauffaient l'eau au moyen des gaz perdus avant son admission dans les chaudières. Les machines motrices étaient au nombre de cinq, variant de 270 à 2.000 chevaux et de différents systèmes.

A titre d'exposition, on avait également installé divers types de dynamos, dont l'une, la plus grande qui ait été construite jusqu'à ce moment, était de 2.000 chevaux.

La puissance nécessitée pour un train en marche était, en moyenne, de 50 chevaux et était bien plus forte au démarrage.

Le nombre total des voyageurs transportés pendant l'Exposition a été de 5.800.000, et le maximum pour une journée a été de 63.000 voyageurs.

Sans entrer dans des détails que ne comporte pas le cadre de cette étude, nous rappellerons qu'il existe, depuis 1892, un chemin de fer aérien mû par l'électricité d'un développement de 10 kilomètres, pour desservir les docks de Liverpool.

Cet exemple, qui montre que l'emploi de ce système

de tramways peut convenir à une exploitation normale, en dehors de l'application toute spéciale qui a pu en être faite dans une grande exposition internationale, n'est pas le seul qu'on puisse indiquer, et, aux États-Unis, on peut en signaler plusieurs autres applications.

Métropolitain électrique aérien de Chicago. — C'est ainsi que tout récemment on a installé à Chicago un réseau électrique aérien dont les rails pèsent 40 kilogrammes par mètre courant, et dans lesquels le courant est pris sur un rail trolley placé à une faible distance de l'un des rails porteurs de chacune des voies.

La voie est constituée par des poutres à treillis en acier, supportées, de distance en distance, par des colonnes également en acier.

La ligne principale a 3.220 mètres et est établie à double voie; à cette ligne aboutissent plusieurs embranchements à simple voie avec garages, qui donnent au réseau actuellement en exploitation une longueur de 25 kilomètres.

C'est par train composé de plusieurs voitures et marchant à 26 kilomètres à l'heure que se fait l'exploitation. Les arrêts se font au moyen de freins électriques et, comme supplément, de freins à air comprimé.

Les wagons, du type Pulman, ont $12^{m},20$ de longueur, pèsent 20 tonnes, indépendamment des moteurs électriques. Ils sont éclairés à l'électricité.

L'usine centrale d'électricité contient seize chaudières Babcok et Wilcox. Les machines sont compound, à action directe, Allis-Corliss; deux d'entre elles, ayant une puissance de 2.500 chevaux chacune, ont des volants de $7^{m},50$ de diamètre. La force totale de l'usine est d'environ 5.000 chevaux.

Les dynamos ont été construites par la *General electric*

Company; elles représentent une force de 6.700 chevaux et sont au potentiel de 600 volts.

Tramway électrique aérien de Kansas-City. — Le réseau a 32 kilomètres de développement. Les voitures employées ont 30 pieds de long, sont à double truck avec un moteur de 30 chevaux sur chaque truck; les roues d'avant de chaque truck portent 75 $^0/_0$ du poids.

L'exploitation se fait entièrement par des voitures automotrices. Pour dix mois, elle a donné les résultats suivants en 1894, en cents ou fractions de cents, par mille-voiture :

Dépenses générales.....	1ᶜ, 86	Réparation des moteurs.	0ᶜ, 76
Salaires des conducteurs et mécaniciens.......	4 , 60	Réparations de la station centrale.............	0 , 20
Dépenses des dépôts des voitures............	0 , 64	Réparations diverses....	0 , 04
Dépenses de force motrice pour la traction.	2 , 26	Entretien de la voie....	0 , 78
Autres dépenses de traction................	0 , 78	— des bâtiments.	0 , 06
Réparation des voitures.	0 , 36	Taxes.................	0 , 36
		Dépenses diverses......	0 , 28
		Total général.....	12 , 98

Cette dépense, qui correspond à 0ᶠ,42 par kilomètre-voiture, est semblable à celle des tramways électriques de Boston et s'éloigne peu de celles que nous avons indiquées précédemment pour divers tramways électriques.

Au chemin de fer électrique aérien de Liverpool, la consommation de charbon a été de 2ᵏᵍ,5 par kilomètre-voiture, pour des voitures de 57 places. Le prix de revient de la traction a varié de 0ᶠ,21 à 0ᶠ,40 le kilomètre-voiture, non compris le personnel d'usine et les frais généraux.

Les conducteurs et mécaniciens sont payés 260 francs par mois et travaillent neuf heures par jour. Le charbon coûte 9 francs la tonne, et les voitures pèsent 12 tonnes à vide.

Tramways à accumulateurs.

Les tramways électriques à accumulateurs sont extrêmement rares aux États-Unis. Dans aucune des villes que nous avons eu l'occasion de visiter aux États-Unis et au Canada, nous n'en avons vu un seul en exploitation et, parmi toutes les lignes qui sont mentionnées dans les comptes rendus des États de New-York, de Massachusetts et de Pensylvanie, il n'y en a qu'une qui soit actionnée par ce système.

Les renseignements que M. Fairchild donne sur ce mode de traction montrent qu'ils sont encore moins pratiqués aux États-Unis qu'en France.

Dans certains cas, on entre les accumulateurs par les extrémités de la voiture. Dans d'autres cas, on les glisse sous les banquettes par l'extérieur.

Une batterie d'accumulateurs au plomb pour une voiture de $4^m,80$ de longueur, circulant sur une ligne ne présentant pas de rampes supérieures à 1 $^0/_0$, pèse, avec les plateaux, 170 kilogrammes.

Les fils électriques sont disposés de façon que, lorsque la batterie est en place, les connecteurs automatiques se trouvent reliés avec le fil qui communique aux interrupteurs et aux moteurs.

Les moteurs et le réglage des moteurs sont les mêmes qu'avec le fil aérien. Cependant, on règle l'intermittence du courant en faisant varier le groupement des batteries. Dans le groupement en quatre groupes, on obtient quatre vitesses différentes.

Dans la seule ligne de 4 kilomètres, en exploitation dans l'État de Massachusetts, pour laquelle nous ayons des renseignements, la dépense kilométrique de premier

établissement a été notablement moindre que sur la moyenne des lignes électriques aériennes; mais, par contre, les dépenses d'exploitation par kilomètre-voiture et par voyageur transporté ont été de 1f,10 et 0f,21, c'est-à-dire presque le double de la moyenne des lignes à fil aérien.

CHAPITRE VI.

LES TRAMWAYS FUNICULAIRES.

C'est à San-Francisco, en 1873, qu'ont été faites les premières applications de la traction des tramways par câble sans fin.

Dans ce chapitre, nous passerons successivement en revue la construction de la voie, qui est une des principales dépenses du système, le grip, le câble, les poulies et tendeurs, les usines génératrices; nous indiquerons comment la force motrice se répartit entre les machines, les câbles et les voitures, et comment doit se calculer la force nécessaire à la traction funiculaire. Nous terminerons ce chapitre, comme les précédents, par des renseignements sur les dépenses de construction et d'exploitation.

Établissement de la voie.

La voie comprend essentiellement un caniveau noyé dans la chaussée, portant à sa partie supérieure une rainure par laquelle passe le grip qui fixe chaque voiture au câble sans fin, animé d'un mouvement uniforme et con-

tinu, les poulies de roulement du câble et un mode d'assainissement et de drainage de la canalisation souterraine.

Fermes transversales. — Les fers qui limitent, de chaque côté, la rainure sont maintenus dans leur position respective par des fermes ou cadres transversaux, de façon à résister à l'action des plus lourds chargements susceptibles de circuler sur la chaussée et, dans les pays froids, à la pression produite par les fortes gelées. On donne généralement à la rainure une largeur de 19 millimètres.

Les rails de la rainure, ou « slot rails », sont supportés, de distance en distance, par des fermes en fer ou en fonte, dont le choix est dicté par des conditions de prix de revient ou de climat.

Un certain nombre d'ingénieurs estiment que les fermes en fonte résistent à de plus fortes pressions que les fermes de fer, parce qu'elles sont plus pesantes et résistent mieux à la compression. Lorsqu'on emploie des fermes en fer, on recommande de les noyer dans du béton afin de les soustraire à l'action de décomposition du sol à laquelle elles sont beaucoup plus sujettes que les fermes de fonte.

Dans les premières constructions de tramways à câble, le bois entrait dans une large proportion, et les parois de la canalisation étaient formées avec des planches, comme le montre la *fig.* 1, Pl. 14, qui s'applique à la construction primitive de la rue Clay, à San-Francisco ; mais on a eu recours bientôt après à des dispositifs plus perfectionnés.

La *fig.* 2 représente une ferme employée à Chicago et d'un usage très répandu. La canalisation est assez profonde pour recevoir un amoncellement important de poussière et de neige sans que les poulies cessent de pouvoir tourner et sans qu'on soit obligé de les placer dans des cavités spéciales. Ce dispositif présente cet inconvénient qu'il ne permet pas de faire le nettoyage de la canalisation, comme dans les types précédents, par des

appareils à main introduits par les rainures et qui poussent les saletés d'une chambre de poulie à l'autre. Malgré cela, beaucoup d'ingénieurs préfèrent donner à la canalisation assez de profondeur pour qu'elle puisse servir de drain et éviter la construction de chambres de poulies en contre-bas de la canalisation, ainsi que des conduites d'assainissement.

La tendance des ingénieurs est de constituer les attaches des slot-rails de façon qu'on puisse les régler sans avoir à enlever le pavage sur une trop grande surface.

La *fig.* 3 représente la ferme du *North-Chicago-City Railway*.

La ferme du *Saint-Louis-Cable* et *Western-Railway* est représentée sur la *fig.* 4; celles de Broadway-Street, de la 3e avenue et de la 125e rue à New-York, le sont sur les *fig.* 5, 6 et 7; celles de diverses Compagnies, à Washington, Kansas-City et Cleveland, le sont sur les *fig.* 8 à 11.

La *fig.* 12 montre un type de ferme connu sous le nom de voie Isaac, dans lequel le caniveau est formé tout entier en béton. La canalisation a 0m,55 de profondeur, et l'épaisseur des parois de béton varie de 0m,35 au bas à 0m,60 au sommet. Ce mode de construction résiste aussi bien, paraît-il, aux pressions latérales que les fermes métalliques, et ses partisans assurent qu'il réalise une économie notable dans les dépenses de premier établissement.

Le tableau annexe 6 ci-après donne les déformations élastiques et permanentes produites par diverses pressions horizontales sur les rainures centrales des diverses voies de tramways représentées sur les *fig.* 2, 3, 4, 9 et 10, à Chicago, Saint-Louis et Kansas-City. Pour la ferme de la *Chicago-City R.* et une ferme de Kansas-City, ce n'est qu'à partir d'une pression de 450 kilogrammes que les rails de la rainure se rapprochent d'une manière permanente. La pression qui produit une défor-

mation permanente atteint 1.800 kilogrammes pour la ferme de la *North-City-Chicago Railway*, tandis qu'une pression de 250 kilogrammes commence à produire une déformation permanente à la ferme de la *Grand-Avenue-Cable-Line* de Kansas-City.

On voit donc qu'il y a de grandes différences dans la rigidité de la voie d'une ligne à l'autre.

Il en est de même des poids, qui varient de 74 kilogrammes, pour la ferme du *Chicago-City Railway*, à 189 kilogrammes, pour la ferme du *North-Chicago-City Railway*.

Quelques lignes ont été construites, avec une surélévation de $0^m,05$ du slot-rail par rapport aux rails de la voie, pour éviter l'introduction dans le caniveau de l'eau et de la boue, mais cette disposition se prête mal à une exploitation simultanée d'une même ligne par chevaux et par câble, ainsi qu'aux croisements d'autres lignes et à la circulation des voitures ordinaires. Alors même qu'on renonce à une surélévation pareille du slot-rail à cause de ces inconvénients, on donne aux rails de la rainure centrale une légère surélévation de 12 à 15 millimètres par rapport aux rails de la voie.

Poulies de roulement des câbles. — Les dispositions des poulies de roulement et les méthodes de fixer ces poulies dans les canalisations varient beaucoup, ainsi que les types de fermes. Les poulies sont distantes de 9 à 12 mètres, à l'exception des points de changement de pentes et des courbes, où elles sont plus rapprochées.

Dans la plupart des cas, on place des chambres de visite sur le côté de la canalisation, pour permettre les réparations et le graissage des poulies, ainsi que l'enlèvement des saletés et de la neige.

On se sert d'une grande variété de poulies, de $0^m,22$ à

$0^m,55$ de diamètre. soit toutes en fonte, soit partie en fonte et partie en fer.

Parfois les poulies sont formées de deux ou trois parties, de telle sorte que le bord de la roue peut être remplacé quand il est usé.

Sur certaines lignes, les bandages des poulies sont faits en fonte dure; les poulies de cette construction durent six à huit fois autant que les poulies ordinaires.

Sur quelques lignes, au contraire, on met sur la gorge de roulement un métal doux pour protéger le câble et diminuer l'usure des poulies sous l'action du câble.

Au point de vue de l'économie, l'avantage, tout compte fait, reste à la fonte durcie.

On admet que le diamètre des poulies de roulement, qui est ordinairement de $0^m,30$, est sans influence sur la force nécessaire pour actionner le câble; par contre, on cherche à rendre le diamètre des axes de rotation aussi petit que possible.

Les poulies sont montées dans une boîte pouvant recevoir une quantité d'huile suffisante.

La *fig.* 1 et 2 de la Pl. 15 représentent les poulies pour deux câbles de la ligne de la 10e avenue, à New-York.

Courbes. — La construction des courbes demande plus d'attention que toute autre partie des tramways à câble. Il faut dans les courbes un type spécial de fermes transversales, et il est nécessaire de placer des poulies horizontales aussi voisines les unes des autres que possible, comme le montre la *fig.* 3; une pression de 270 à 360 kilogrammes sur chaque poulie est suffisante pour maintenir le câble bien en position sur les poulies. Un rail de garde est généralement placé juste au-dessus des poulies de courbe, suivant la courbe de la voie; le grip glisse sur ce rail, et empêche le câble de quitter les poulies, *fig.* 4. Dans quelques cas, le slot-rail est disposé

de façon à remplir les fonctions de rail de garde. Les poulies de courbe ont généralement un rebord qui retient le câble une fois qu'il a été abandonné par le grip. Dans quelques cas, ce rebord est supprimé et est remplacé par une poulie de support à axe horizontal, *fig.* 6. Quand les poulies de roulement du câble se touchent, il n'est pas nécessaire de placer ces poulies de support. On emploie aussi parfois des poulies coniques.

Le diamètre des poulies varie de $0^m,40$ à $1^m,20$, suivant le rayon de la courbe. Il a été reconnu que, sur les courbes ordinaires, les grandes poulies nécessitent moins de force que les petites et permettent une plus longue durée du câble ; les grandes poulies durent, en outre, plus longtemps que les petites.

La force nécessaire pour mettre en mouvement un câble dans une courbe n'est pas seulement employée à faire tourner les poulies, mais, dans une grande proportion, à plier le câble à chaque passage d'une poulie. Aussi, quand les poulies sont bien en place et très rapprochées, le câble ne subit pas des déformations aussi grandes que lorsqu'il passe sur des poulies trop éloignées.

La *fig.* 5 montre une disposition de poulie dans laquelle celle-ci a $1^m,20$ de diamètre et s'étend sous un des rails. La figure montre que le fond de la canalisation est formé d'un plateau de bois ; ce plateau empêche le câble de descendre au-dessous du niveau de la poulie ; on voit sur la figure une ouverture fermée par une plaque de fonte ; c'est par cette ouverture qu'on graisse l'axe de rotation de la poulie et qu'on fait les réparations.

Sur la *fig.* 7 est représentée une poulie de courbe qui est employée sur la 10e avenue, à New-York, et qui tient lieu à la fois de poulie horizontale et verticale. Elle consiste en un tronc de cône dont le petit diamètre supérieur est de $0^m,80$, et dont le grand diamètre a 1 mètre. Le haut de la roue a un bord plat sur lequel le grip glisse en

passant. Les roues présentent une gorge en spirale qui guide le câble, par la rotation, de sa position première à la position finale, qu'il prend quand le grip a passé.

Les courbes sont l'écueil du système funiculaire, car elles coûtent très cher d'établissement, consomment une grande force, abrègent la durée du câble et sont une cause d'inquiétudes incessantes. Elles présentent tant d'inconvénients que, parfois, lorsque la pente permet de le faire, on a recours à une seule roue de changement de direction de grand diamètre. Dans ce cas, le grip abandonne le câble, et la voiture suit sa course, par l'effet de la gravité, jusqu'à l'extrémité de la courbe, où le câble est saisi de nouveau.

Au point où le câble sort de la station de force pour entrer dans la canalisation, ainsi qu'à l'extrémité de la ligne, de grandes roues élèvent le câble au niveau où il peut être saisi par le grip.

Dans les changements de courbes, le câble est abaissé au moyen d'une série de roues dont les *fig.* 8 et 9 montrent la disposition.

Dans les courbes, on a l'habitude de former tout ou partie de la surface de la chaussée, entre le rail central et les rails latéraux, de plaques de tôles striées.

Certaines lignes ont été construites dans les courbes avec un passage souterrain continu, entre les voies, assez large pour le passage d'une personne. Cette disposition permet d'entretenir et d'ajuster les poulies, elle donne de très bons résultats et n'a que l'inconvénient d'exiger un surcroît de dépense, bien compensé, d'ailleurs, par la sûreté et la facilité de l'entretien.

A l'origine de la ligne, le câble est dévié sur le côté de la rainure et détaché du grip, qui peut alors être retiré de la conduite par une ouverture, comme le montre la *fig.* 12. Des ouvertures semblables sont disposées, de distance en distance, tout le long de la ligne, de façon qu'un

grip peut être remplacé, si cela est nécessaire et s'il faut passer d'une voie sur une autre.

Changement de marche des voitures à l'extrémité des lignes. — Les voitures sont transportées d'une voie à l'autre à l'extrémité des lignes, au moyen d'aiguilles de croisement, de plaques tournantes ou de boucles. Dans les deux premiers cas, le câble tourne autour d'une grande roue placée dans un puits, *fig.* 10 et 11.

La boucle fermée est employée lorsque la ligne peut faire le tour, à son extrémité, d'un « block », ou pâté de maisons, ou d'une place.

Le choix à faire entre l'aiguille de croisement, la plaque tournante ou la boucle, est déterminé par l'importance du trafic, la largeur de la rue et le type de grip employé. Sur les lignes où une voiture spéciale, ou dummy, est employée pour le grip et sur quelques lignes où on fait usage d'un double grip sur une voiture ordinaire, on emploie généralement l'aiguille, et on se sert, autant que possible, de la pesanteur pour faire passer la voiture d'une voie sur l'autre.

Les trains de plusieurs voitures ou les longues voitures sont changés de voie par le moyen de plaques tournantes qu'on peut employer quand la rue est assez large ; ces plaques ont parfois 9 mètres de diamètre. Mais c'est, en somme, la boucle qui réalise le meilleur mode de retournement des voitures. Parfois, les voitures y circulent à vitesse normale ; d'autres fois, on y emploie un câble auxiliaire mis en mouvement à une plus faible vitesse au moyen d'engrenages commandés par le câble principal ou, si la station de force n'est pas trop loin, par un câble mû directement par une machine spéciale. L'inconvénient de la boucle est que ce mode de retournement des voitures coûte très cher, absorbe de la force et augmente l'usure du câble.

Aux extrémités des lignes, on installe souvent des fosses au-dessous des voies, de façon à pouvoir examiner et

graisser le grip de chaque voiture ; une canalisation spéciale amène parfois dans ces fosses de la vapeur, de l'eau chaude, et les ouvriers y ont tous les outils nécessaires pour enlever le câble du grip ou l'y replacer.

Reprise du câble. — Divers moyens sont employés pour reprendre le câble, après qu'il a été abandonné par le grip à l'extrémité d'une ligne, aux endroits où les voitures traversent les câbles qui sortent des usines génératrices ou y rentrent, et, enfin, aux croisements d'autres lignes. Ces moyens dépendent du système de grip.

Dans quelques cas, on déplace légèrement les rails de la voie et de la rainure ou seulement les rails de la rainure, de façon à ce que le grip se détache du câble après avoir été desserré et le reprenne quand le grip revient sur une partie normale de la voie. D'autres fois, on abaisse légèrement la voie, de façon à abaisser le grip d'une quantité suffisante par rapport au câble. Dans d'autres systèmes, on déplace le câble au moyen d'un levier que le conducteur fait agir en descendant de la voiture. Les *fig.* 13 et 14 représentent un levier automatique qui relève le câble quand le grip, en passant, pousse l'extrémité du levier.

Dans les pays de neige, on place quelquefois des tuyaux de vapeur au bas de la canalisation avec des robinets d'échappement à des intervalles convenables.

Modes de pavage. — Les dalles de granit, les briques ou l'asphalte sont les meilleures matières à employer. On emploie quelquefois le bois, mais on ne le fait qu'entre les voies, à cause du gonflement qu'il subit quand il est mouillé. Lorsqu'on emploie les dalles de granit dans les pays froids, on fait les joints en ciment, pour éviter le gonflement par la gelée ; cet emploi du ciment présente, par contre, un inconvénient sérieux pour les réparations de la voie. Le même inconvénient s'applique au pavage

en asphalte; mais, quand la voie est construite de façon à ne pas avoir besoin de réparations fréquentes, ce mode de pavage est reconnu comme très avantageux par suite de son imperméabilité.

Types de rails. — Les divers types de rails employés sont représentés sur les figures qui donnent les types de fermes. Les joints tantôt portent sur les fermes, tantôt sont établis en porte-à-faux. Bien que ce dernier système ait encore des partisans, on admet généralement qu'il est préférable de faire porter les joints sur les fermes.

Lignes à une voie. — On construit très peu de lignes à une voie. Dans les rares spécimens qui existent, la construction de la canalisation est la même, et il suffit d'établir des doubles poulies de roulement. Dans le cas d'une voie simple, on établit, de distance en distance, des voies de garage, et on les place de préférence aux courbes pour éviter une déviation de voies spéciale au garage.

Ce n'est que par économie qu'on établit des tramways à câble à une seule voie, dans les petites villes où la double voie serait trop coûteuse; mais comme, d'autre part, le prix d'établissement d'un tramway à câble est très élevé et ne peut être justifié que par une très forte circulation, il en résulte que l'établissement d'une ligne à simple voie a peu d'applications.

Grip.

Les appareils qui permettent de relier les voitures au câble et de lâcher ce câble, connus sous le nom de « grips », sont de deux sortes, suivant que le câble est placé entre des surfaces cylindriques ou entre des galets.

Dans le premier cas, les mâchoires peuvent saisir le câble soit de côté, soit en haut, soit en bas du bâti qui

les supporte et les fait mouvoir. Le serrage et le desserrage du câble est produit par la transmission du mouvement soit à une seule, soit aux deux mâchoires. Le grip est actionné tantôt directement, au moyen de leviers placés au-dessus du grip, au milieu de la voiture, tantôt de la plate-forme de la voiture, soit par des leviers, soit par des roues à main.

Les grips à mâchoires latérales sont généralement disposés avec des mâchoires symétriques de chaque côté du bâti du grip, de façon que le câble puisse être saisi indifféremment de chaque côté du grip sans avoir à retourner les voitures.

Les mâchoires du grip ont habituellement de $0^m,45$ à $0^m,50$ de longueur et sont revêtues d'une garniture susceptible d'être changée lorsqu'elle est usée par le glissement du câble. La garniture peut être formée d'un certain nombre de tronçons ou d'un seul morceau sur toute la longueur de la mâchoire. Pour la garniture le bronze phosphoreux donne un bon résultat, mais c'est l'acier fondu qui donne le meilleur. Dans le choix de la matière employée, c'est beaucoup moins la durée de la garniture que celle du câble qui doit entrer en ligne de compte.

La *fig.* 1 de la Pl. 16 représente une voiture, son grip et la voie avec un double câble.

La *fig.* 2 représente le type de grip employé sur les lignes de la *Chicago-City-Railway Company*. Dans ce type, la mâchoire supérieure est mobile, et la mâchoire inférieure est fixe. C'est le contraire qui a lieu dans le type représenté sur la *fig.* 4, qui est employé sur la 10e avenue, à New-York. Il est clair que, dans ce dernier cas, quand la voiture est arrêtée, le câble est moins déplacé de sa position normale par la mâchoire inférieure et qu'il y a, de ce fait, moins de force perdue inutilement. Dans les deux types, le câble est détaché du grip par une pression latérale exercée par les galets de friction à axe vertical

qu'on voit de chaque côté du grip; seulement, dans le type de la *fig.* 3, le mouvement des galets est obtenu en poussant le levier de manœuvre au bout de sa course, tandis que, avec le type de la *fig.* 4, c'est un levier spécial qui met en mouvement les cylindres verticaux. En raison de la difficulté de tenir ces cylindres bien graissés et suffisamment propres, on se borne, sur quelques lignes, à détacher à la main le câble au moyen d'une tige flexible qu'on fait passer par la rainure centrale.

Le grip de la *fig.* 4 est terminé par deux petits bras de levier, reliés à deux tiges de renvoi qui reçoivent le mouvement d'une roue à main placée sur la plate-forme de la voiture.

La *fig.* 3 représente une disposition de même genre, constituée de façon à pouvoir transformer rapidement une voiture à traction animale en voiture à câble, et réciproquement.

La *fig.* 6 représente un grip à mâchoires inférieures; dans ce type, la mâchoire la plus éloignée du bâti est mobile et peut serrer ou lâcher le câble qui est détaché du grip en étant légèrement élevé. Ce grip peut être actionné de la plate-forme de la voiture.

La *fig.* 7 représente un grip à mâchoires supérieures, qui a l'avantage de pouvoir être employé dans une canalisation très étroite. Il a l'avantage aussi de saisir ou lâcher le câble avec la plus grande facilité. Pour saisir le câble, on n'a qu'à baisser le grip, ou bien la voie est légèrement abaissée aux points où on doit prendre le câble.

Un type de grip actionné par une vis sans fin et une roue à main est montré sur la *fig.* 8; il est employé sur les voitures ouvertes qui ne sont pas retournées à l'extrémité des lignes et qui peuvent marcher indifféremment dans un sens ou dans l'autre. La vis sans fin a 15 millimètres de diamètre, et la roue à main, de $0^m,50$ de diamètre, donne avec une pression de 32 kilogrammes sur la cir-

conférence une pression de 7.900 kilogrammes sur le câble.

Les grips sont habituellement supportés par des trucks au milieu de la voiture et ne sont pas reliés à la caisse de la voiture ; quel que soit le mode de montage adopté, on suspend le grip de façon qu'il puisse prendre un déplacement latéral de 0m,17 à 0m,20 pour se plier aux légères inflexions des slot-rails aux approches des courbes et aux points où le cable doit être pris et lâché.

Les *fig.* 9 à 11 représentent un grip à galets, qui est une variante du grip employé au pont de Brooklyn. Il se compose de deux paires de roues horizontales à gorge. La pression sur ces roues est exercée de dessus la plate-forme de la voiture. Ce grip convient très bien aux lourdes circulations et est adapté aux diverses voitures d'un train. Toutes les gorges des roues sont revêtues d'un métal doux, afin de ménager le câble.

Le choix à faire entre un dummy-car attaché à un plus ou moins grand nombre de voitures et une voiture ordinaire munie de son grip dépend d'une foule de conditions qui varient d'une localité à l'autre. Nous considérons, toutefois, la voiture ordinaire avec son grip actionné de dessus la plate-forme de devant comme le mode d'exploitation le plus parfait.

Câble.

Sur la majorité des lignes américaines, on emploie un câble formé de 6 torons enroulés autour d'une âme en chanvre. Chaque toron est formé de 19 fils d'acier ; 7 d'entre eux forment le centre du toron, et les 12 autres forment le pourtour annulaire. Comme ces derniers supportent toute la pression, on leur donne parfois aussi un plus grand diamètre, *fig.* 13, le nombre relatif des fils intérieurs et extérieurs variant, d'ailleurs, d'une ligne à l'autre. On emploie aussi un câble formé de 6 torons

de 16 ou de 19 fils chacun, *fig.* 14. Cette disposition donne de bons résultats sur les lignes à forte circulation, mais ne peut pas être recommandée pour les lignes à courbes nombreuses et accentuées.

Le diamètre des câbles, variable avec le service qu'on leur demande, oscille entre 25 millimètres et 37 millimètres, et plus généralement entre 29 et 32 millimètres. Cette dernière dimension correspond à une résistance à la rupture de 18 tonnes et à un poids de $3^k,4$ par mètre courant.

Les câbles dont le centre est constitué avec des fils d'acier ne sont pas assez flexibles pour les tramways funiculaires.

On a reconnu avantageux pour la durée du câble de tourner les torons dans le même sens que les fils des torons, comme le représente la *fig.* 17.

Les *fig.* 16 et 18 représentent d'autres types de câbles qui n'ont pas reçu beaucoup d'extension. Le second type, qui n'a pas d'âme en chanvre, pèse moins que les types ordinaires, mais ses deux extrémités ne peuvent pas être reliées par épissures et doivent l'être par soudure électrique. Dans le premier type, le vide existant entre les fils sur le pourtour du câble est supprimé en grande partie par la forme triangulaire de la moitié des fils; mais, par contre, cette disposition a l'inconvénient de faire porter la plus grande partie du poids sur les fils triangulaires, par suite de leur plus grande surface.

La durée des câbles est très variable ; en moyenne, on peut admettre une durée de huit mois, avec un parcours de 25 à 90.000 kilomètres. On a remarqué que les durées des câbles construits par les mêmes constructeurs et employés sur les mêmes lignes sont très variables d'un câble à l'autre. Dans un autre ordre d'idées, il a été constaté que les câbles sont mis plus souvent hors de service par une fausse manœuvre ou un emploi mauvais du grip que par une usure normale et régulière.

Pour placer le câble dans la canalisation, au début de

l'exploitation, on en fixe une des extrémités au grip d'une voiture et on y attache un nombre suffisant de chevaux, 16 à 40. Quand on a déroulé ainsi une longueur suffisante, on attache le câble au point de départ à une seconde voiture traînée de la même façon. Quand on veut remplacer un câble, on a l'habitude de le couper et de le relier au nouveau par une épissure ; en faisant marcher la machine motrice, on tire le vieux câble et on le remplace par le nouveau. Dans tous les cas, les épissures de câble se font dans l'usine génératrice. Les vieux câbles se vendent généralement sur le pied de 42 francs la tonne.

L'épissure d'un câble est une des choses qui demandent la plus grande attention, parce que la moindre variation de diamètre est une cause de destruction rapide.

Il y a plusieurs modes d'épissures en usage. Le plus répandu est connu sous le nom d'épissure de Californie. La *fig.* 1 de la Pl. 17 montre comment les 6 torons de deux câbles A et B sont reliés sans qu'il soit besoin d'expliquer ces figures.

Une autre épissure est connue sous le nom d'épissure de Chicago. La *fig.* 2 montre également d'une façon suffisamment claire comment se pratique cette épissure.

Quand le câble est en place, on a soin de l'enduire de goudron minéral et d'huile ou de mixtures de diverses sortes. On ne doit employer, pour ces mélanges, que des matières qui résistent à l'action de la pluie et de la gelée.

Le câble représente une partie importante de l'exploitation de la traction funiculaire.

A Denver, le câble coûte $0^{f},035$ par kilomètre-voiture à la *Denver-City Cable Railway Company* qui exploite son réseau par trains de deux voitures, avec un espacement des trains de 3 à 6 minutes, en moyenne 5 minutes.

A Los Angeles, la dépense du câble s'élève $0^{f},027$ par kilomètre-voiture pour la *Los Angeles Cable Railway*

Company, ce qui représente 8 % de la dépense d'exploitation.

A Kansas-City, la ***Kansas-City Cable Railway Company*** dépense 0f,061 par train-kilomètre, soit 14 % de la dépense totale d'exploitation.

La ***Chicago City Railway Co*** dépense 0f,017 par kilomètre-voiture, environ 6 % de la dépense totale.

Enfin, la ***Washington and Georgetown Railroad Company***, de Washington, admet que le câble représente 8 à 10 % de la dépense d'exploitation. Voici quelques observations de durée de service et de longueurs parcourues faites sur diverses lignes de cette Compagnie, les lettres A, B, C, représentant des fournisseurs différents :

LIGNES	FOURNISSEURS	DURÉE de service en jours	LONGUEURS parcourues en milles
Georgetown	A	126	
	B	81	15.762
	A	124	24.312
	A	149	29.480
	A	167	33.350
	A	90	17.785
	B	73	14.508
Navy-Yard	A	289	5.280
	A	188	37.470
	A	189	37.620
	A	84	16.200
14e rue	B	152	
	A	56	10.810
	C	59	13.495
	A	298	57.770
	A	172	34.820
7e rue	A	387	71.109
	A	489	96.842
	A	301	59.907

Poulies motrices; tendeurs.

Sur quelques lignes américaines, à l'instar de ce qui se fait aussi dans d'autres pays, le câble est enroulé en forme de 8 sur les deux poulies motrices, mais plus généralement on adopte le mode d'enroulement à brins parallèles.

Dans ce dernier système, le câble fait plusieurs tours sur chacune des poulies, dont le pourtour présente des gorges de largeur et de forme appropriées au câble ; les poulies sont disposées de façon que les différents brins du câble passent d'une gorge à l'autre sans déformation. Dans ce mode d'enroulement, le câble est moins déformé que dans le précédent.

Le diamètre des poulies est habituellement de 3^{m},60, tandis qu'avec l'enroulement en forme de 8 du premier système les poulies n'ont ordinairement que 2^{m},40. On indique comme règle bonne à suivre de donner aux roues motrices, ainsi qu'à toutes les roues de renvoi, un diamètre d'au moins cent fois celui du câble.

Quand on doit faire marcher plusieurs câbles à des vitesses différentes avec une même machine, on donne à une partie des poulies un diamètre plus fort, mais on n'adopte ces plus grands diamètres que dans ce cas, parce que, le nombre d'enroulements restant le même, ils donnent, du fait des frottements, une plus grande perte de force.

C'est au point où le câble arrive sur la poulie motrice que la tension est la plus forte ; cette tension diminue jusqu'au point où le câble quitte cette poulie pour gagner la poulie du tendeur. Il en résulte que la première gorge s'use plus vite que la dernière. Au bout d'un certain temps, la différence des diamètres devient assez forte pour que le câble soit forcé de glisser sur les premières gorges, et

il en résulte une plus grande usure et une augmentation de résistance à vaincre.

Pour remédier, dans une certaine mesure, à cet inconvénient, on donne parfois aux gorges des diamètres légèrement décroissants du premier au dernier.

Dans le même but, on emploie, sur certaines lignes, des poulies à gorges mobiles et indépendantes les unes des autres, du système Walker. Les *fig.* 4 et 5 de la Pl. 17 représentent une poulie pleine et une poulie Walker. Les adversaires du système Walker prétendent que, à la longue, les gorges mobiles cessent de pouvoir se déplacer les unes par rapport aux autres, ce qui rend leur avantage illusoire. On peut toujours, il est vrai, s'assurer s'il en est ainsi en marquant à la craie, au début de la journée, comme nous l'avons vu faire, une ligne sur toutes les gorges suivant une génératrice du cylindre de la poulie, et en voyant si les tronçons de cette ligne, marqués sur les différentes gorges, se déplacent peu à peu les uns par rapport aux autres. Nous avons eu ainsi l'occasion de constater, à Washington, dans une installation, il est vrai presque neuve, que les gorges Walker participaient réellement de mouvements indépendants et remplissaient bien leur rôle.

La pression du câble contre les poulies est réalisée par un tendeur. Ce mécanisme, *fig.* 6, se compose d'une roue montée sur un chariot mobile relié à un poids mobile pouvant monter ou descendre dans un puits, suivant la résistance éprouvée à chaque instant par le câble.

Le champ de course du chariot mobile doit augmenter avec la longueur de la ligne ; dans les longues lignes, il est de 45 à 60 mètres.

La *fig.* 7 représente une disposition de tendeur à double chariot mobile, dans laquelle on réalise une course plus longue que dans le système précédent. Le second de ces deux systèmes a, en outre, l'avantage de diminuer en

profondeur ce qu'on donne en longueur à la fosse du poids tendeur. Une fois qu'on a placé le bâti inférieur à la position qui lui convient, eu égard à la longueur du câble, on le fixe dans une position invariable en le reliant aux rails de roulement du chariot, au moyen d'une barre de fer et d'un verrou; on ne change le chariot inférieur de place que lorsque le câble a pris un allongement suffisant.

La *fig.* 8 représente une disposition ingénieuse dans laquelle, au poids tendeur d'extrémité s'ajoute un poids intermédiaire, suspendu par des bras mobiles, qui diminue par ses mouvements d'ascension et de descente les mouvements en même sens du poids d'extrémité et permet d'éviter pour ce dernier une fosse aussi profonde.

La *fig.* 9 s'applique à une disposition de même genre dans laquelle le poids tendeur d'extrémité est complètement supprimé.

On a essayé aussi de faire mouvoir un contrepoids sur un plan incliné, mais l'action de ce contrepoids est moins immédiate.

La tension du câble peut être augmentée et amenée à l'intensité convenable soit en augmentant le nombre des enroulements du câble sur les poulies, soit en renforçant le contrepoids. Dans les lignes à fort trafic, il y a avantage à forcer le nombre des enroulements, tandis que, dans les lignes à courbes nombreuses, il est plus prudent de réaliser la plus grande partie de la tension par le contrepoids. Il y a avantage naturellement, au point de vue des résistances, à diminuer autant que possible le nombre des enroulements et le poids du contrepoids.

Comme il faut mettre assez fréquemment les poulies sur le tour pour égaliser les diamètres, on emploie dans quelques cas les poulies du type représenté par la *fig.* 3, dans lequel les gorges sont composées d'un certain nombre de tronçons vissés sur un tambour fixe.

Lorsqu'on est gêné par l'espace, on place quelquefois les

poulies au-dessus l'une de l'autre, comme le représente la *fig.* 10 pour une installation de la *Philadelphia Traction Company*.

Les poulies motrices sont quelquefois placées sur la voie même, de façon à actionner directement le câble ; mais cette disposition n'est pas recommandée parce que les poulies sont exposées directement à l'eau et aux saletés de la voie publique dans cette situation.

En général, entre les poulies motrices et la canalisation du câble, se trouvent placées sur la voie publique des poulies de renvoi. On donne, en général, à ces poulies le même diamètre qu'aux premières, et on les dispose de façon à déformer et à tendre le moins possible le câble.

Les *fig.* 1 à 3, Pl. 18, montrent un bon arrangement de ces poulies dans des chambres placées sous la voie publique, au-dessous même des voies du tramway.

Puissance de traction des poulies.

La puissance de traction des poulies diffère suivant qu'une seule ou que les deux poulies sont actionnées par la machine motrice, et varie avec la tension du câble à l'extérieur, avec l'adhérence du câble et avec la longueur de l'arc de contact du câble sur les poulies.

Quand une seule poulie n'est pas suffisante pour produire la force nécessaire, on actionne les deux poulies ; mais, dans ce cas, la force produite n'est pas le double de celle qui est réalisée dans la première hypothèse. Voici comment, d'après M. Fairchild, se calcule la force de traction des divers enroulements du câble.

Supposons que dans les deux hypothèses l'arc de contact du câble sur les poulies soit le même, appelons a l'arc de contact, le rayon des poulies étant pris comme unité ; f, le coefficient de frottement ; T, la tension du câble à l'arrivée sur les poulies ; t_1, t_2, t_3... la tension du

câble à la sortie de chacune des gorges; h_1, h_2, h_3... la force de traction produite par le passage sur chaque gorge. Les première et deuxième gorges donnent respectivement :

$$T = t_1 e^{af};\ h_1 = \frac{T}{e^{af}}(e^{af} - 1);\ t_1 = t_2 e^{af};\ h_2 = \frac{T}{e^{2af}}(e^{af} - 1).$$

La force totale de traction H est donnée par la somme $h_1 + h_2 + ...$ et, par conséquent, par l'expression :

$$T\,(e^{af} - 1)\left(\frac{1}{e^{af}} + \frac{1}{e^{2af}} + \frac{1}{e^{3af}} + \cdots\right).$$

Dans le cas considéré, avec une seule poulie motrice, la force de traction développée est : $H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$; avec deux poulies motrices, la force de traction développée est par la première poulie :

$$H_1 = h_1 + h_3 + h_5 + h_7,$$

et par la seconde : $H_2 = h_2 + h_4 + h_6 + h_8$.

Si on suppose $a = 180°$, $f = 0{,}15$ et $T = 1$, on obtient, pour les différentes forces de traction correspondant aux deux hypothèses et aux divers enroulements, les valeurs suivantes :

NUMÉROS DES ENROULEMENTS	FORCE AGISSANT		
	sur une seule poulie	sur les deux poulies	
		première poulie	seconde poulie
1	0,3752	0,3752	
2	0,2341		0,2346
3	0,1464	0,1464	
4	0,0914		0,0914
5		0,0572	
6			0,0357
7		0,0222	
8			0,0139
Force de traction de chaque poulie	0,8471	0,6010	0,3756
Force de traction totale	0,847	0,9766	

Ainsi, une roue motrice donne environ les 87 $^0/_0$ de la force que donnent deux roues motrices semblables.

Dans le cas de gorges mobiles indépendantes, les résultats sont un peu différents.

Stations de force motrice.

La principale qualité que doivent présenter les machines motrices est de conserver une vitesse uniforme, quelles que soient les variations de charge et de résistance à vaincre. On fait usage, dans ce but, de volants plus lourds qu'on ne le fait d'ordinaire, surtout sur les lignes qui présentent de fortes déclivités et où les charges à remorquer sont très variables.

Les machines et les chaudières doivent être établies en plus grande quantité que ne l'exige strictement la puissance à développer, afin de parer aux accidents et aux réparations.

Des dispositions très diverses sont adoptées pour la commande des poulies motrices par les machines.

Dans certains cas, principalement lorsqu'on est limité par l'emplacement dans l'établissement des usines, la transmission de la force motrice des machines aux poulies d'entrainement des câbles se fait au moyen d'engrenages à dents.

Parfois cette transmission se fait par l'intermédiaire d'un arbre de couche, comme à la station de l'Union Depot, à Kansas-City, et à la station génératrice de Denver, *fig.* 5 et 7 de la Pl. 18.

D'autres fois, la force est transmise directement par le même arbre aux deux poulies motrices, ce qui a l'avantage de supprimer un engrenage. La *fig.* 6 représente cette disposition réalisée à Cleveland, avec cette particularité que les lignes marchent aux trois vitesses de 4, 12 et 14 milles à l'heure; ces vitesses sont obtenues en donnant aux roues motrices des diamètres de 12, 14 et 16 pieds.

Lorsqu'on dispose de la place suffisante, on donne généralement la préférence aux transmissions par cordes ou par courroies. Les installations des tramways funiculaires de New-York sont faites dans ce système.

Dans les deux stations de Houston-Street et de Front-Street du tramway funiculaire de Broadway-Street, la force est transmise par cordes à un arbre de couche, d'où elle actionne les deux paires de poulies au moyen de transmissions distinctes par cordes.

Dans les deux stations de la 65e rue et de la rue Bayard du tramway de la 3e avenue, la force est transmise de la même façon à un arbre de commande central, mais de cet arbre la force n'agit, par transmission à cordes, que sur une paire de poulies; ces installations d'usines sont représentées sur les *fig.* 4 à 7 de la Pl. 19.

La station des rues Wan-Buren et Jefferson, de la *West*

Chicago R. R. Company, est établie dans le même système que les stations de Broadway-Street.

Dans certains cas, une seule poulie est actionnée directement, l'autre est seulement entraînée par l'effet des enroulements du câble moteur sur les deux poulies.

Dans le cas de la *fig.* 4, qui s'applique à Providence, la force est transmise par cordes de l'arbre de couche à une grande roue qui actionne chacune des deux roues motrices.

Nous signalerons aussi une disposition que nous avons vue à San-Francisco. Dans une usine, l'axe d'une des poulies est mobile par rapport à l'autre, de telle sorte qu'au fur et à mesure de l'allongement du câble les axes des deux poulies peuvent être écartés, ce qui diminue la course à donner au chariot tendeur.

Il arrive parfois qu'une boucle finale ou quelque partie de ligne doit être exploitée à une vitesse moindre ; et, dans ce cas, lorsque cette partie de ligne est éloignée de l'usine motrice, on est obligé de recourir à un mécanisme de poulies, qu'on place sous la voie publique. Dans le cas de la *fig.* 11, Pl. 17, les poulies de gauche sont mises en mouvement par le câble principal et font mouvoir les poulies de droite, d'un plus petit diamètre, qui transmettent par conséquent au câble auxiliaire une vitesse moindre.

Il est assez difficile de tirer des conclusions précises de ce qui se passe aux États-Unis. Il nous a paru qu'il y avait deux écoles principales : l'une préfère les engrenages à dents et place l'arbre de transmission entre les poulies ; l'autre a recours aux transmissions par cordes ou par courroies et relie les poulies soit par un engrenage, soit par une transmission à cordes, la première transmission étant plus généralement adoptée.

Dans les deux cas, on emploie soit les poulies pleines, soit les poulies Walker, la préférence étant plus généralement accordée aux dernières.

Les qualités à réaliser dans les poulies et leurs méca-

nismes sont les suivantes, par ordre d'importance : élasticité, durée, résistance du mécanisme, effet sur le câble, bruit et dépense. Il est incontestable que les transmissions par cordes ou par courroies diminuent beaucoup le bruit, mais on arrive aussi à ce résultat en établissant convenablement les fondations et en les isolant des murs des bâtiments.

Répartition de la force motrice entre les machines, les câbles et les voitures.

M. Robert Gilham, ingénieur américain, a présenté au Congrès des Ingénieurs tenu à l'Exposition de Chicago un très intéressant mémoire sur la répartition de la force des usines génératrices entre les machines de transmission de force et leurs organes, les câbles et leurs mécanismes de mouvement, les voitures vides et chargées, et sur les expériences faites dans certaines villes sur cette répartition. Nous ne pouvons mieux faire que de résumer ce mémoire, en y ajoutant des renseignements de même nature donnés par la Compagnie des Tramways de l'Ouest, à Chicago.

Kansas-City. — Les tramways funiculaires de cette ville sont actionnés par deux usines génératrices « Union Depot » et « Woodland-Avenue ». Elles font mouvoir, la première, deux câbles de 22.000 et 23.759 pieds, et la seconde trois câbles de 33.600, 8.571 et 6.202 pieds. Sur la ligne principale, il y a des courbes à angle droit et des déclivités de 10, 15 et 19 0/0.

Le câble employé a 14 pouces de diamètre, pèse 2,5 livres par pied courant et a marché avec une vitesse de 7,03 milles à l'heure dans les essais du tableau n° 1 de la pièce annexe 16 ci-après. Ces essais ont été faits sur la ligne principale de l'*Union Depot*, pendant dix mois,

à raison de sept jours par mois et de deux heures par jour. Chaque train de voyageurs se composait d'une voiture motrice pesant 4.800 livres et d'une voiture ordinaire pesant 4.000 livres; le poids des voyageurs n'a pas été déterminé. Le nombre des trains mis en mouvement simultanément a varié de 5,6 à 13,2 et a été moyen de 9,6. La ligne ayant une longueur de 2 milles à double voie, cette moyenne correspond à un espacement de 670 mètres entre les voitures et à un intervalle de temps de 3 1/2 minutes.

La résistance de la machine motrice et des organes de transmission a varié de 12,23 à 21,12 chevaux. La plus grande partie de cette force provient de la résistance des engrenages de transmission. Une paire de poulies motrices demandait une force de 5 chevaux. La force nécessaire à la traction des câbles sans charge a varié de 29,76 à 42,70 chevaux, et celle demandée par les voitures, de 25,64 à 61,19 chevaux. La force nécessaire à la traction des trains a varié, dans les essais, de 3,12 à 5,43, avec de grandes variations d'un moment à l'autre, cette force étant presque nulle lorsque plusieurs voitures marchaient à la descente ou étaient arrêtées et atteignant, au contraire, son maximum dans le cas inverse.

La force totale s'est répartie en moyenne de la façon suivante :

Machines et organes de transmission.......	17,10 °/₀
Câble et mécanismes du câble.............	38,49
Voitures et voyageurs......................	44,39

Quant au câble, sa tension a varié de 3.840 à 8.350 livres pour 6 trains à un maximum de 6.270 à 18.980 livres pour 13 trains.

Le tableau 2 de l'annexe 16 donne les essais faits dans l'usine de l'avenue Woodland sur les câbles fonctionnant à vide.

La force nécessitée par la machine et les organes de transmission de la force a représenté, dans ces essais, environ 18 % de la force totale, c'est-à-dire sensiblement la même proportion que dans les essais de l'Union Depot faits avec les voitures.

Les expériences résumées sur le tableau 3 de l'annexe 16 ont porté sur les diamètres des poulies et de leurs tourillons, sur leur poids et sur les vitesses de marche. Les expériences 1 et 3 montrent que la force exigée pour 100 pieds de câble croît avec la vitesse, mais moins vite qu'elle et à peu près comme la racine carrée de la vitesse. La comparaison des expériences 1 et 3, 2 et 5, montre que, lorsque le rapport des rayons des poulies à ceux de leurs tourillons augmente, la force nécessitée par les mécanismes du câble diminue; et la comparaison des expériences 4 et 6 montre que, lorsque ce rapport reste constant, la diminution du poids des poulies réduit à peu près dans la même proportion la force nécessitée par le câble.

Les essais du tableau 4 de l'annexe 16 montrent que, abstraction faite d'un essai correspondant à un état défectueux d'une courbe, la force exigée par le câble fonctionnant à vide est d'environ $\frac{3}{1.000}$ de cheval par pied courant, ce qui revient à dire qu'une longueur de 100 mètres de câble exige un cheval-vapeur.

Cleveland. — Le câble est identique à celui de Kansas-City. L'usine génératrice fait mouvoir cinq câbles, à trois vitesses différentes, de 4, 12 et 14 milles, dont les deux plus grandes sont obtenues par l'emploi de diamètres différents pour les poulies motrices, et dont la plus petite est réalisée par un câble auxiliaire mû au moyen de mécanismes placés sous la chaussée par le câble marchant à 14 milles.

Une première série d'essais a montré qu'on pouvait perdre une grande force dans les embrayages et le frottement des dents des engrenages les uns contre les autres. Après avoir remédié aux défauts d'ajustage des engrenages, on a fait une seconde série d'essais dont les résultats sont donnés par le tableau n° 5 de l'annexe 16.

La résistance de la machine et des organes de transmission a absorbé 122,37 chevaux sur une force totale de 476,79 chevaux, soit environ 25 $^0/_0$ de cette force, proportion peu différente de celles de 17 et 18 $^0/_0$ mentionnées pour les essais de Kansas-City.

En faisant abstraction de la force plus grande exigée pour la ligne d'East-Parc-Avenue, qui présente quatre courbes à angle droit, on constate que la force nécessaire à la mise en marche des autres câbles fonctionnant à vide ne dépasse pas non plus $\frac{3}{1.000}$ de cheval par pied courant.

Denver. — Le réseau est peut-être le plus grand qui ne soit actionné que par une seule usine. D'après M. Gilham, cette usine actionne 7 câbles présentant un développement total de 189.667 pieds. Sur ce réseau se trouvent 7 courbes à angle droit et 6 courbes à 45°. La voie a 3,6 pieds d'écartement. Le diamètre et le poids des câbles sont les mêmes que ceux des deux villes mentionnées plus haut.

Au moyen de divers essais, on a constaté, pour les diverses parties du système, les résistances suivantes :

Angle de 90°, 55 pieds de rayon à double voie.	20,64	chevaux
Angle de 45°	10,24	
Un chariot tendeur	0,503	
Le pied courant de voie en ligne droite (non compris la machine motrice ni les voitures)	0,001612	

Cela fait, on a procédé à des essais directs sur les six premières lignes, et on a constaté des résultats qui sont indiqués dans le tableau n° 6 de l'annexe 16.

Comparés aux résultats théoriques déduits des expériences mentionnées ci-dessus, ces résultats ont donné les divergences que met en évidence le tableau n° 7. Après avoir soigneusement réparé le mécanisme de route et mis sur le tour les gorges des poulies motrices, on a constaté sur le câble n° 4 une réduction de force de 80 chevaux et sur l'ensemble des câbles une réduction d'environ 200 chevaux, et on a vérifié ainsi la concordance des résultats théoriques et pratiques.

Ainsi rectifiés, les essais ont donné une force moyenne de $\frac{591}{183.617} = 0,032$ par pied courant sensiblement égale à celle qui a été constatée dans les villes précédentes.

Le tableau n° 6 mentionne qu'on a fait 5 essais avec 51 trains de deux voitures en service. Si on défalque de la force totale de 1.147 chevaux la force absorbée par les résistances de la machine motrice et des organes de transmission, celle de 591 chevaux employée pour les six premières lignes et celle d'environ 60 chevaux qu'à dû demander la septième ligne, on constate que chaque train de deux voitures a dû demander 5 chevaux de force, résultat à peu près le même que celui que nous avons signalé dans les essais de Kansas-City.

Chicago. — Les expériences relatées par M. Gilham ont été faites sur le réseau de la Compagnie *Chicago-City Railway*, qui possède deux usines actionnant chacune quatre lignes.

Une série d'expériences, données par le tableau 8 de l'annexe 16, indique les forces employées par les câbles marchant à vide par pied courant et les tensions maxima

des câbles. Les forces accusées par ces essais, $\frac{6,4}{1.000}$ et $\frac{5,5}{1.000}$ de cheval par pied courant, sont à peu près doubles de celles qui ont été trouvées dans les autres villes.

Dans une autre série d'essais, tableau 9 de l'annexe 16, on a déterminé les forces nécessaires à la traction d'un train, d'une voiture ou d'une tonne. Pour déterminer le poids des voitures, y compris les voyageurs, on a compulsé les tableaux de marche et les carnets des conducteurs de tramways. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau annexe ; ils présentent, d'une station à l'autre, de grandes différences, dont M. Gilham ne donne pas l'explication. Le moins satisfaisant de ces résultats, 55e avenue, donne une force de 34 chevaux par train, qui ne s'éloigne pas beaucoup des résultats indiqués pour les autres villes. La force nécessitée par tonne du poids remorqué par les câbles est de 4,1 de cheval pour une station et de 0,81 pour l'autre.

Des essais ont été faits pour déterminer les tensions des câbles à différentes vitesses. Après avoir reconnu que, dans les parties défectueuses des voies, la tension des câbles était plus grande, on a constaté pour des vitesses de 9,65 et 13,65 milles des tensions de 184 et 300 chevaux, c'est-à-dire des tensions de 0,119 et 0,137 par pied courant. La tension ne croit pas proportionnellement avec la résistance ; et, pour une augmentation de 42 % de vitesse, la tension n'augmente que de 1,47 %.

Les statistiques du tableau 10 s'appliquent aux tramways de la Compagnie de l'Ouest, à Chicago.

La force développée varie, pendant les 10 heures les plus chargées, de 530 à 910 chevaux ; le service dure 21 heures, et la force moyenne est de 605 chevaux, dont 372 sont absorbés par les machines et les câbles. Le nombre des voitures en service étant de 111 en général,

la force absorbée par voiture est de $\frac{605\text{-}372}{111} = 2{,}1$ chevaux.

De 4 à 5 heures de l'après-midi, la force développée est de 815,51 chevaux, et le nombre des voitures en service atteint 133 ; la force absorbée par voiture est alors de $\frac{815{,}51\text{-}372}{133} = 3{,}33$ chevaux.

Dans cette Compagnie, on consomme 2,47 litres de charbon par car-mille.

Saint-Louis et New-York. — A Saint-Louis, la ligne de la rue Olive présente des angles droits et plusieurs courbes ; elle est actionnée par des câbles de 25.248 et 28.800 pieds. La force absorbée par les câbles et les mécanismes est de 136 chevaux, ce qui correspond à 0,0028 de cheval par pied courant.

La ligne de la 10e avenue, à New-York, n'absorbe que 0,0015 cheval par pied courant.

Force nécessaire à la traction funiculaire.

Suivant M. Fairchild, la moyenne de douze lignes en service donne une force de 25 chevaux par voiture, réserve comprise; la force nécessaire pour actionner 1 kilomètre de câble est de 14 chevaux; la force nécessaire à la marche du câble fonctionnant à vide varie de 45 à 75 % et est en moyenne de 54 %.

Pour déterminer la force d'une usine, on devrait, suivant cet auteur, compter 13 chevaux par kilomètre de câble à vide, chaque courbe à angle droit pour 500 mètres de ligne, 3 chevaux pour chaque voiture de dimensions moyennes, et, enfin, 60 chevaux pour la machine et les appareils de transmission.

Ces règles ne s'éloignent pas beaucoup des résultats

donnés par les expériences que nous avons résumées ci-dessus, sauf en ce qui concerne les pertes de force données pour les machines et les appareils de transmission. Ces pertes ne peuvent pas être constantes, mais dépendent forcément de la puissance et du mode d'établissement des machines et des appareils de transmission de force.

D'après les expériences qui précèdent, on peut faire le calcul de la force d'une usine de la façon suivante :

Pour chaque courbe de 90° pour une double voie	10	chevaux.
Pour chaque courbe de 45° pour une double voie	5	—
Pour 1 kilomètre d'alignement droit de câble....	5	—
Par kilomètre de câble pour toute voie.........	10	—
Par voiture...............................	1 à 2,5	—
Par tonne transportée.....................	1/3 à 3/2	—
Un chariot tendeur........................	1/2	—
Deux poulies motrices.....................	5	—

Machines motrices et appareils de transmission,
15 à 25 % de la force totale.

Il résulte de là :

1° Que la force absorbée par les voitures seules est beaucoup moindre dans la traction funiculaire que dans la traction électrique ;

2° Que la force absorbée par les câbles et leurs poulies, étant constante, est proportionnellement d'autant moins importante que le nombre des voitures remorquées est plus considérable ;

3° Que, pour les circulations peu considérables, la traction électrique l'emporte sur la traction funiculaire, et que, par contre, lorsque le nombre des voitures atteint et dépasse une certaine quantité, le second mode de traction devient plus économique que le premier.

Dépenses de premier établissement.

C'est surtout en matière de tramways funiculaires que la dépense de premier établissement varie énormément d'une ligne à l'autre.

Dans son ouvrage, M. Fairchild donne des renseignements intéressants à ce sujet.

Dans des conditions ordinaires, une ligne sans courbes, à double voie, coûte, câble compris, 240.000 francs par kilomètre, et, pour quelques-unes, la dépense a atteint près de 650.000 francs par kilomètre.

Une ligne à canalisation profonde, et ayant 2,95 milles de double voie, a coûté 694.329 dollars se décomposant comme il suit :

Travaux sur la voie publique	372.372 $	694.329
Immeubles, bâtiments, etc	240.305	
Matériel roulant	81.652	

Cette ligne, il est vrai, a nécessité des travaux importants, notamment l'établissement d'une courbe de 90°, des croisements de chemin de fer, le croisement d'un grand nombre de lignes de tramways ordinaires et des dépenses importantes de déplacements de conduites d'eau et de gaz. Les usines ont été construites dans des proportions très larges, et le matériel roulant a compris 83 voitures à grip et d'été.

Une autre ligne de 1,84 mille de double voie établie dans les mêmes conditions, sauf avec un luxe un peu moindre de bâtiments et de matériel roulant, a coûté 313.969 dollars se décomposant comme il suit :

Travaux sur la voie publique	202.692 $	313.969
Immeubles, bâtiments, etc	93.953	
Matériel roulant	17.324	

Ces deux lignes reviennent à 380.000 et 275.000 francs par kilomètre de voie simple.

Les renseignements suivants sont donnés comme le résultat de la moyenne de six lignes construites dans différentes régions, pour une longueur de 3 milles de double voie.

Usines.

Terrassements	10.000 $
Bâtiments	25.000
2 machines	19.500
Poulies et mécanismes pour deux câbles	23.000
Chaudières	14.000
Cheminée	5.000
Tendeur	2.500
Pompes, etc.	3.000
	102.000

Travaux ordinaires de la voie publique.

19.800 pieds courants de tranchée	14.850
7.920 fermes en fer	41.580
880 poulies de roulement	3.300
21.120 pieds courants de « slot-rails »	26.400
21.120 pieds courants de rails de voie	28.512
17.700 kilogrammes de tuyaux en fonte	2.695
10.000 pieds courants de béton de ciment de Portland	85.000
15.840 pieds de double voie	15.840
22.200 pieds carrés de pavage en dalles de granit	66.600
Assemblages	9.000
32.180 pieds courants de câble d'acier	10.619
	304.396

Travaux spéciaux de la voie publique.

Chambres sous la voie publique	13.000
Roues au sommet des déclivités	1.500
Voies de croisement	5.000
180° de courbe à double voie	9.000
	28.500

Matériel roulant.

15 voitures à grip	15.000
15 voitures ordinaires	18.000
	33.000
Total général	467.896 dollars

Soit 250.000 francs par kilomètre de voie simple.

Il ne faut pas conclure de là qu'une ligne de 4 milles à double voie coûterait 1/3 en plus ou qu'une ligne de 6 milles coûterait le double. La dépense de construction de la voie publique est proportionnelle à la longueur de la ligne, mais il y a des dépenses, comme, par exemple, celles de l'usine, qui ne varient pas proportionnellement à cette longueur.

M. C. Huerne, ingénieur civil à San-Francisco, a donné, il y a déjà un certain nombre d'années, l'évaluation suivante, notablement moindre, pour une ligne de 5 kilomètres de tramway à câble à double voie :

1° *Voie.*	fr.	
Déblais et remblais, pose des rails, repavage des rues	20.000	
1.677 châssis en fonte, espacés de $1^m,22$ pesant 68 kilogrammes, à $0^f,33$ le kilogramme	37.632	
164 poulies, de $0^m,28$ de diamètre, à 10 francs.	1.640	
13 trous d'homme, à 100 francs	1.300	
Tôle pour entourer le conduit, 32.000 kilogrammes, à $0^f,38$	12.160	
Fers d'angle pour soutenir la rainure centrale 60.000 kilogrammes, à $0^f,50$	30.000	
Éclisses de $0^m,05$ de largeur, 20.000 kilogrammes, à $0^f,38$	7.600	
4 files de rails de $24^k,500$ à $0^f,246$ le kilogramme	24.108	
Plaques sous les joints des rails, 3.700 kilogrammes, à $0^f,20$	740	
Crampons et chevilles	753	
Boulons, 10.200, à $0^f,33$	3.366	
Boisage au-dessous de la conduite	9.900	
Total	149.199	
Câble en acier de $4^k,6$ le mètre courant à $2^f,60$ le kilogramme	11.960	
Total général	161.159	
Soit, en nombre rond, pour 5 kilomètres		810.000
2° *Matériel et bâtiments.*		
2 machines à vapeur à cylindres horizontaux.	29.000	
2 chaudières, mise en place comprise	22.500	
Réservoir d'eau et pompe	7.500	
Appareils de tension et de compensation aux deux extrémités de la ligne	9.000	
Poulies de transmission	32.500	
16 wagons, à 4.500 francs l'un	72.000	
16 dummies avec leurs grips, à 3.500 francs	56.000	
		228.500
Terrains et bâtiments		100.000
Études, surveillance, intérêt d'argent pendant la construction		101.500
Total pour 5 kilomètres de double voie		1240.000

Ce qui fait ressortir le kilomètre de double voie à 248.000 francs.

M. Sprecht est arrivé, à propos des tramways de Los Angeles à une estimation presque semblable d'une ligne de 5 kilomètres à double voie :

1° *Voie.*	fr.	
Terrassements	18.630	
1.680 cadres en fonte	17.420	
164 galets de $0^m,28$ de diamètre	1.640	
Tôles et fers divers, et bois pour galeries	71.270	
Rails de $19^k,8$ par mètre, à 305 francs la tonne	25.900	
Câble de 0,075, 4.600 kilogrammes, à $2^f,50$	11.650	
Divers	4.090	
Total	170.600	
Soit, en nombre rond, pour 5 kilomètres		853.000
2° *Matériel et bâtiment.*		
2 machines fixes	29.000	
2 chaudières et accessoires	30.000	
Tendeurs et poulies de renvoi des câbles	41.000	220.000
15 voitures à voyageurs	67.500	
15 dummies	52.500	
Terrain et bâtiment		100.000
Imprévu, environ 10 °/0		117.000
Total général		1.290.000

La dépense kilométrique revient ainsi à 258.000 francs pour une ligne à double voie.

Ces dépenses correspondent à celles qu'indique M. Fairchild pour les lignes sans courbes, les moins coûteuses.

En regard des prix indiqués ci-dessus, les statistiques des États de Massachusetts, New-York et Pensylvanie, ne donnent aucun renseignement complet. Trois lignes mixtes à câble et à électricité du dernier État ont coûté 550.000 francs par kilomètre de ligne ; mais, comme nous ne savons pas dans quelle proportion ces lignes sont réparties entre les deux modes de traction, ce renseignement est sans valeur pour le coût de la partie funiculaire des

lignes. La même observation s'applique aux tramways des trois principales Compagnies de tramways de Chicago, dont les prix de premier établissement par kilomètre de voie simple, mentionnés au chapitre II, 260.000 francs, 467.000 francs et 505.000 francs, s'appliquent à des réseaux mixtes.

Dans une brochure publiée en 1891, l'*Edison electric general Company* indique que la dépense de construction de 10 lignes à câbles se serait élevée à plus de 1 million par kilomètre de ligne, et à 557.000 francs par kilomètre de voie ; mais, dans un Congrès, un ingénieur a fait remarquer, sans être contredit, que les dépenses des lignes considérées comprenaient la valeur des concessions et les dépenses d'établissement des tramways à chevaux remplacés par des tramways funiculaires.

Le même ingénieur, M. Badger, a fait connaître dans ce Congrès la dépense d'un réseau de 8,54 milles de lignes funiculaires à Kansas-City. Voici le détail de cette dépense en dollars :

Achat de terrains et bâtiments	116.736$,38
Constructions souterraines	20.285 ,38
Fondations et conduits	52.819 ,65
Voie et accessoires	276.074 ,99
Pavage	159.091 ,83
Usine motrice	184.391 ,69
Machines	130.003 ,37
Matériel roulant	202.926 ,47
Câbles et accessoires	30.759 ,75
Brevets	12.950 ,75
Honoraires d'ingénieurs, avocats	83.017 ,47
Compte d'intérêts et escompte	146.930 ,31
Total	1.415.988$,04

Cette dépense fait ressortir le coût du kilomètre de voie simple à 380.000 francs.

Nous rappelons les dépenses de premier établissement par kilomètre de voie funiculaire simple mentionnées au chapitre II ou dans les statistiques des tramways de Washington : 493.000 francs et 586.000 francs pour deux Compagnies de Washington ; 270.000 francs et 400.000 francs pour deux Compagnies de Saint-Louis ; 530.000 francs et 800.000 francs pour deux lignes de San-Francisco ; enfin, 1.500.000 francs pour le tramway de la 3e avenue, à New-York.

On voit par là dans quelle énorme proportion, même en écartant cette dernière dépense, tout à fait exceptionnelle, varie le coût de premier établissement des tramways funiculaires, puisqu'elle oscille entre 270.000 et 800.000 francs par kilomètre de voie simple. Nous ne croyons pas être très loin de la vérité, sans pouvoir donner de raisons bien convaincantes de notre appréciation, en évaluant en moyenne cette dépense à environ 250.000 francs, abstraction faite des dépenses de remaniement de voie ou de reconstruction, qui ont majoré beaucoup de dépenses de premier établissement.

En Angleterre, la ligne de « Hights-Hill, » à Londres, pour une longueur de 1.150 mètres, dont une partie à simple voie, a coûté 450.000 francs; et, en France, la ligne de Belleville à Paris, de 2 kilomètres de longueur, à simple voie avec croisements, dont la largeur de voie n'est que de 1 mètre, a coûté 700.000 francs le kilomètre

Dépenses d'exploitation.

Une ligne comme celle dont nous avons donné la dépense de construction, d'après M. Fairchild, de 3 milles de longueur à double voie, nécessite, d'après cet auteur, une dépense de 265 dollars par jour se décomposant ainsi :

55 tonnes de charbon	13$,75
Eau, huile et graisse	3 ,25
Amortissement du câble	35 »
66 conducteurs et gripmen	132 »
Usine motrice et atelier des voitures	28 »
Service de la voie	8 »
Entretien des machines	2 »
— des grips et des voitures	7 »
— de la voie et des bâtiments	6 »
Dépenses diverses	6 »
Accidents	4 »
Travaux	7 »
Dépenses diverses et générales	13 »
Total	265 »

Avec un câble marchant à la vitesse de 12 milles pendant 19 heures et 1/2, et des trains se suivant toutes les quatre minutes, et faisant 110 milles par jour, 15 trains représentent 3.300 cars-milles. La dépense d'exploitation revient sur cette base à 0f,27 par kilomètre-voiture.

Il convient, toutefois, de se rappeler que, dans l'estimation des dépenses d'un tramway funiculaire, une portion importante (la moitié, d'après M. Fairchild) est indépendante du trafic, tandis que l'autre moitié varie avec lui. D'où il suit qu'avec une circulation trop peu active, le système de traction est évidemment désavantageux et qu'il devient d'autant plus économique que la circulation est plus intense.

M. Huerne a évalué ainsi qu'il suit la dépense annuelle d'exploitation d'un tramway funiculaire de 5 kilomètres de longueur, en supposant le service fait par 12 cars et 12 dummies de manière à transporter 48 voyageurs par train se succédant toutes les 2 minutes et 1/2 et marchant à une vitesse de 10 kilomètres à l'heure :

Charbon, 730 tonnes, à 30 francs.........	21.900	292.100 fr.
Salaires du mécanicien et de deux chauffeurs	12.000	
Dummies, 12 machines et 12 conducteurs.	108.500	
Entretien de 16 voitures, à 900 francs....	14.400	
— des dummies et grips..........	16.000	
— des câbles.....................	29.900	
— du matériel fixe...............	15.000	
Intérêt à 6 % du capital.................	74.400	

En supposant une durée de service de 20 heures, la dépense d'exploitation ressort à 0f,166 par kilomètre-voiture, et à 0f,35 par voyageur.

Par contre, M. Sprecht a évalué à 440.000 la dépense d'exploitation d'un tramway de pareille longueur, et avec des départs toutes les deux minutes et demie. En admettant une même durée de service, la dépense d'exploitation du kilomètre-voiture ressortirait à 0f,24.

Dans la brochure de la Compagnie *Edison General electric*, la dépense par voyageur et par kilomètre-voiture est donnée, d'après une moyenne de 10 lignes à câbles, comme étant de 0f,17 et 0f,45 pour une circulation de 4,28 voyageurs par car-mille.

Les statistiques de l'État de Pensylvanie montrent que, pour 3 lignes mixtes à câble et à électricité, d'une longueur totale de 28k,29 qui ont présenté, en 1893, une fréquentation de 3,5 voyageurs par kilomètre-voiture, les dépenses par voyageur et par kilomètre-voiture ont été de 0f,16 et 0f,49, sensiblement les mêmes qu'en 1892. Mais, comme nous l'avons fait remarquer pour les dépenses de construction, on ne peut rien conclure de ces résultats, puisqu'ils s'appliquent à une exploitation mixte.

Les résultats de l'exploitation des tramways de Kansas-City, pour 1892, après quatre années d'exploitation normale sont beaucoup plus concluants.

Les dépenses d'exploitation ont été les suivantes, en dollars :

Salaires et dépenses du service des voitures.	73.314$,87
Accidents	5.086 ,57
Dépenses secrètes	528 ,65
Réparations des voitures	4.862 ,74
Salaires et dépenses des remises	9.620 ,14
Entretien de la voie et des bâtiments	8.429 ,07
Impôts	4.596 »
Frais divers	26.610 ,30
Combustible	17.407 »
Eau	1.157 ,10
Huile et graisse	1.040 ,61
Salaires	7.786 ,14
Réparation des machines	268 ,21
— du bâtiment des machines	299 ,01
Câbles	29.380 ,60
Dépenses de câbles	3.065 ,66
Réparations des serre-câbles	1.78[illegible] ,46
Total	195.242 ,13

Le parcours des cars ayant été de 2.830.732 milles, et le nombre des voyageurs payant ayant monté à 5.318.410, la dépense d'exploitation est ressortie à $0^f,19$ et $0^f,22$ par voyageur transporté et par kilomètre-voiture pour une circulation qui n'a pas dépassé 1,9 voyageur par car-mille.

Bien que cette fréquentation soit peu importante et constitue, par conséquent, de mauvaises conditions d'exploitation, la dépense par kilomètre-voiture des tramways de Kansas-City, un peu inférieure à celle que donne M. Fairchild, a été très faible et bien inférieure à la dépense donnée pour les tramways à chevaux et les tramways électriques.

Il existe à Denver un tramway à câble, dont M. Hedges a donné les dépenses d'exploitation pour le trimestre finissant le 31 décembre 1893. Pour un parcours total de 1.041.038 milles-voiture, la dépense par mille-voiture a été la suivante, exprimée en cents, le cent équivalant à peu près à 25 centimes :

Entretien des cars	0,294	Dépenses d'ingénieurs	0,032
— de la voie	0,390	Éclairage des voitures	0,064
Chaudières	0,932	Réparation des grips	0,150
Machines	0,254	Service des trains	2,640
Dépenses diverses	0,268	Dépenses générales	0,284
Éclairage	0,014	Réparation du bâtiment	0,006
Dommages	0,170	Enlèvement de la neige	0,006
Dépenses de bureau	0,254	Total	7,074
Câble	1,316		

Ce prix de revient correspond à 0f,23 par kilomètre-voiture, chiffre à bien peu de chose près semblable à celui de Kansas-City.

A Los Angeles, le prix de revient est de 0f,34 par kilomètre-voiture.

A Chicago, ce prix a été, ces dernières années, pour les trois Compagnies de tramways funiculaires de cette ville (Chicago-City, West Chicago et North Chicago Railway Company), de 0f,32, 0f,41 et 0f,42.

Il résulte de ces renseignements que le prix de revient du kilomètre-voiture, pour les tramways funiculaires des États-Unis, peut être évalué de 0f,30 à 0f,35, la dépense d'exploitation des tramways de Chicago devant vraisemblablement représenter un maximum, à cause de l'entretien de la voie, qui correspond à une circulation d'une intensité exceptionnelle et des conditions climatériques très défavorables de la ville.

Tramway de la 3e avenue, à New-York.

La ligne part d'une place située à côté du Post-Office, suit la 3e avenue et aboutit à la 130e rue, près de la rivière de Harlem, après un parcours de 8 1/4 milles. Elle a deux branches de 2,5 et 3,25 milles, sur la 125e rue et 10e avenue, qui sont en service depuis 1885 et 1892, Pl. 1.

La transformation de la ligne principale, exploitée primitivement par traction animale, a été décidée en 1887.

La « New-York-State-Railroad Commission » a donné de suite son autorisation, mais les « New-York-City-Street Commissioners » l'ont refusée, et il a fallu aller au Tribunal de la Cité et, finalement, à la Cour d'appel, pour avoir l'autorisation donnée en juin 1890.

La construction de la voie avait été donnée à forfait ; mais, après la construction de 5,5 milles, la Compagnie a dû résilier le marché, en décembre 1891. L'achèvement de la ligne a eu lieu par un entrepreneur auquel on a donné une commission sur les fournitures.

L'établissement de la voie a présenté des difficultés exceptionnelles d'exécution. Il n'y a qu'un an que la ligne est livrée à l'exploitation, de telle sorte que les travaux ont duré quatre ans.

La ligne n'a nulle part de courbe à angle droit ; mais, outre les boucles de chacune de ses extrémités, on n'y compte pas moins de 35 croisements, dont l'un s'applique à une ligne à câble, et 8 bifurcations.

La ligne est divisée en trois sections : 1° section de Harlem, de la 130ᵉ rue à la station de force de la 65ᵉ rue ; 2° section du milieu, de la 65ᵉ rue à la 6ᵉ ; 3° section de l'hôtel de ville, de la 6ᵉ rue à l'extrémité sud. La station de la 65ᵉ rue actionne les deux premières sections, et la station de la rue Bayard, la dernière section ; nous avons donné plus haut la disposition de ces usines.

Le caniveau des deux sections supérieures contient deux câbles, dont un seul marche à une vitesse de 9 milles à l'heure, l'autre étant prêt à fonctionner en cas d'accident. Dans la section de l'hôtel de ville, il y a trois câbles, dont deux sont susceptibles de marcher à la vitesse de 7 milles, et le troisième à une vitesse de 5 milles. Le câble rapide est emprunté par les voitures depuis la 6ᵉ rue jusqu'à un certain point où ce câble est lâché et où les voitures s'accrochent au câble lent pour le trajet du bas de la ligne et de la boucle de Post-Office, où la circulation

est particulièrement intense. Dans les parties de ligne où ils ne sont pas employés, les câbles sont établis dans des canalisations souterraines spéciales. La présence des trois câbles a nécessité l'emploi de mécanismes particuliers qui ont occasionné des difficultés spéciales d'exécution et a singulièrement compliqué l'établissement de la ligne. Ce genre d'installation ne peut convenir qu'à des conditions toutes particulières et à des circulations d'une intensité très grande.

La boucle de Post-Office, au bas de la ligne, permet aux voitures de parcourir la ligne dans les deux sens sans être retournées ni aiguillées. La boucle de Harlem, à l'autre extrémité, pénètre dans la 129ᵉ rue, où les lignes se bifurquent en 26 voies parallèles, jusqu'à la 130ᵉ rue, où elles se réunissent de nouveau pour revenir à la 3ᵉ avenue. Les câbles n'actionnent pas cette boucle, et les voitures y sont mises en mouvement par un moteur à gaz Cornelly.

Les coupes transversales des voies des 10ᵉ et 3ᵉ avenues, sont données dans les *fig.* 1 et 3 de la Pl. 20.

La *fig.* 1 donne la coupe transversale de la voie avec un trou d'homme et la chambre de visite, et les *fig.* 2 et 3 donnent la disposition des chambres des poulies et des regards placés sur la voie publique pour accéder à ces chambres.

Dans les courbes, on a recours à des poulies à axe vertical et à gorge en spirale ; après avoir été lâché par le grip, le câble tombe sur la gorge inférieure, puis, par le mouvement de rotation combiné avec la forme en spirale de la gorge, il est remonté à la partie supérieure de la poulie.

La sortie des câbles de l'usine aux voies de tramway et leur rentrée à l'usine constituent une des parties les plus délicates et les plus dispendieuses des tramways funiculaires. Les dispositions adoptées à l'usine de la 65ᵉ rue,

qui commande deux sections, comme nous l'avons dit plus haut, sont représentées avec tous leurs détails sur les *fig.* 1 à 4 de la Pl. 20 ; elles nécessitent, comme on le voit, l'établissement de très vastes chambres et de nombreuses poulies de renvoi sous la voie publique.

Dans les courbes, les poulies à axe vertical se touchent toutes, et, de chaque côté du rail intérieur de la voie, le pavage de la chaussée est remplacé par des tôles striées. La disposition des poulies sur la courbe de Chatam-Square est représentée sur la *fig.* 5. Cette courbe a 500 pieds de longueur avec des rayons variant de 280 à 500 pieds. On voit sur la figure comment le troisième câble est placé dans une canalisation spéciale formant la corde de la courbe; au retour, ce câble est également placé dans une conduite spéciale placée à droite de la voie. Pour l'inspection des poulies, on a établi sur le côté de ces poulies une galerie longitudinale de 4 pieds de largeur et 5,5 pieds de hauteur.

La *fig.* 5 montre la partie inférieure de la ligne et la boucle finale de Post-Office. Cette boucle a un rayon de 41 pieds, précédée d'une courbe de 50 pieds. Dans la boucle, les câbles sont guidés par 62 poulies horizontales de 33 5/8 pouces de diamètre chacune. Les câbles rapides sont placés dans cette partie, dans une canalisation spéciale.

Les *fig.* 8 à 12 représentent des dispositions spéciales de poulies pour deux et trois câbles.

Comme nous l'avons dit, les aiguillages et les croisements sont très nombreux sur la ligne; chacun de ces points a demandé une étude et une solution particulière et a constitué des parties de ligne spécialement difficiles à établir. Les *fig.* 6 et 7 montrent le croisement de deux voies de tramways à câble à l'intersection de la 3e avenue et de la 125e rue.

On voit par les indications qui précèdent quelle énorme

complication la ligne funiculaire de la 3e avenue a présentée. On comprend par là que la ligne ait demandé un si long temps à construire, et que la dépense se soit élevée au prix de 1.500.000 francs par kilomètre. Des installations pareilles ne peuvent convenir évidemment qu'à des cas tout à fait exceptionnels.

CHAPITRE VII.

COMPARAISON DES DIVERS MODES DE TRACTION.

Nous examinerons d'abord, dans ce chapitre, les renseignements publiés aux États-Unis sur la comparaison des résultats donnés par les divers modes de traction employés pour les tramways, et nous indiquerons ensuite sur quelle base cette comparaison doit être établie et à quelles conclusions elle conduit.

Comparaison de la traction funiculaire et animale faite à propos des tramways de San-Francisco et de Los Angeles.

Nous avons donné, au chapitre précédent, l'estimation, par M. Huerne, des dépenses d'établissement d'une ligne à double voie de 5 kilomètres, ainsi que l'évaluation des dépenses d'exploitation.

Relativement à une ligne à câble de même longueur, nous avons indiqué, en outre, dans le même chapitre, les évaluations des dépenses de construction et d'exploitation données par M. Sprecht à propos des tramways de Los Angeles.

Ces deux ingénieurs ont complété leurs indications en

faisant connaître l'économie que la traction funiculaire aurait permis de réaliser sur la traction animale.

Pour faire le même service que 12 cars et 12 dummies à câble, marchant à la vitesse de 10 kilomètres à l'heure, et transportant 48 voyageurs par train, M. Huerne a admis qu'il fallait 32 cars marchant à la vitesse de 7k,25 à l'heure et portant chacun 24 personnes. L'exploitation, dans ces conditions, donnerait lieu aux dépenses suivantes :

Frais d'écurie et fourrage pour 288 chevaux, à 900 fr.			259.200 fr.
Ferrage, à 120 fr. par cheval			34.560
Remplacement des chevaux (un tiers par an), à 625 fr. l'un			60.000
Entretien des harnais, à 18f,75			5.400
Entretien du matériel roulant pour 32 cars, à 900 fr.		28.800 fr.	306.200
Salaires des cochers, à 11f,25 par jour		131.400	
Salaires des conducteurs, à 12f,50 par jour		146.000	
Intérêt à 6 % du capital de premier établissement calculé à 484.000 fr.	32 cars, à 4.500 f.	144.000	29.040
	288 chev. à 600 f.	180.000	
	voie	160.000	
Total général			694.400

Comparé à la dépense d'exploitation donnée par la traction funiculaire, ce résultat donnerait une économie de 57 % en faveur de ce dernier mode de traction.

Sans entrer dans les mêmes détails que M. Huerne, M. Sprecht évalue à 699.800 francs les dépenses d'exploitation par chevaux, contre 443.285 francs pour celles d'exploitation par câble sans fin, d'où une économie de 256.565 francs en faveur de la traction funiculaire, soit 38 %.

Les différences des résultats, pour ainsi dire théoriques, auxquels sont arrivés ces deux ingénieurs, montrent les

difficultés d'une comparaison exacte de deux modes de traction.

Communication faite à Cleveland.

Dans un Congrès d'ingénieurs tenu à Cleveland, un ingénieur a donné le détail comparatif suivant de l'exploitation de 8 lignes de tramways à câble et de 7 lignes électriques.

	TRAMWAYS FUNICULAIRES							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Nombre moyen des cars en service — à grips...	193	30 1/2	54	6	7	29	8	70
Nombre moyen des cars en service — remorqués	298	»	»	6	7	58	5	70
Parcours journalier moyen des cars... — à grips...	80	127	100	90	70	104	90	123
Parcours journalier moyen des cars... — remorqués	80	»	»	90	70	104	106	123
Salaires des conducteurs, en cents par heure....................	28	17	18 3/4	17 1/2	»	20	22 1/2	22
Prix du charbon par tonne, en dollars	1,47	2,02	1.21	2	»	»	»	6,20
RÉSULTATS FINANCIERS EN CENTS PAR CAR-MILLE (Y COMPRIS LES VOITURES ORDINAIRES)								
Recettes totales.................	18,05	23,30	29,81	15,10	19,80	»	»	»
Charges fixes	1,62	4,70	5,44	»	»	1,23	1,88	6,61
Dépenses d'exploitation..........	8,81	13,70	16,00	41,00	»	6,75	10,71	20,05
Recettes nettes.................	7,62	4,90	8.40	»	»	»	»	»
DÉTAILS DES CHARGES FINANCIÈRES								
Intérêt des emprunts............	1,06	4,20	3,20	»	0.66	0,99	1,53	5,70
Taxes diverses	0,55	0,50	2,24	»	1,21	»	0,35	0,91
DÉTAIL DES DÉPENSES D'EXPLOITATION								
Entretien de la voie	0,40	0,50	1,91	»	»	»	0.45	0,40
Entretien des câbles et de la tige.	0,69	2,30	1.72	»	»	»	0,73	3.00
Réparation des machines	0,53	0.10	0,19	»	»	»	0,05	0.12
Entretien des bâtiments	0.13	0,03	0,58	»	»	»	»	0,10
Matériel roulant................	0,59	0.30	1,03	»	»	»	0,48	0.86
Réparation des moteurs ou des grips.	0,08	0,10	0.57	»	»	»	0,26	0,54
Charbon, huile, etc.............	0,92	1,70	1,07	»	»	»	2.53	3,24
Conducteurs, etc................	4,70	6,40	7.45	7,00	»	»	4,98	9.89
Dépenses générales..............	0,76	2,00	1,48	3,00	»	»	1,22	1,90

	Tramways électriques.						
	A	B	C	D	E	F	G
Nombre moyen des cars en service. — moteurs...	39	17	280	10	10	5	37
Nombre moyen des cars en service. — remorqués.	»	»	5	4	»	»	»
Parcours journalier moyen des cars... — moteurs...	127	89	70	120	100	97	100
Parcours journalier moyen des cars... — remorqués.	»	»	56	120	»	»	»
Salaires des conducteurs, en cents par heure	15 1/2	24	22 1/2	12 1/2	13	14	20 1/2
Prix du charbon par tonne. en dollars	2,45	»	3,92	1,25	1.32	3.00	1,21
Résultats financiers en cents par car-mille y compris les voitures ordinaires							
Recettes totales	19,36	25,26	40,28	13,50	15,00	»	28,88
Charges fixes	»	7,22	3,36	»	6.40	»	»
Dépenses d'exploitation	9,69	17,97	25,44	9,50	»	16,00	18,53
Recettes nettes	9,67	»	14,34	4,00	3,42	5,23	6,61
Détails des charges financières							
Intérêt des emprunts	»	6,86	1,00	»	»	»	2,56
Charges diverses	»	0,36	2,36	»	»	»	»
Détails des dépenses d'exploitation							
Entretien de la voie	»	0,77	2.52	»	»	0,11	2,50
Entretien de la ligne	»	0,20	0,72	»	»	0,07	0,52
Réparation des machines	»	0,41	0,36	»	0,42	»	»
Entretien des bâtiments	»	0,04	0.33	»	»	»	»
Matériel roulant	»	3,40	1,59	»	1,23	0.74	2.36
Réparation des moteurs	»		2,72	»	2,36	»	2,38
Charbon, huile, etc	»	3,30	3,56	»	3,20	3.84	2,84
Conducteurs, etc	»	8,75	11.42	»	»	8.74	6,90
Dépenses générales	»	1,09	2,22	»	»	0,62	2,21

L'auteur de la communication a fait remarquer que les recettes nettes d'une ligne ne donneraient aucune indication sur la valeur du mode de traction adopté, si on ne tenait pas compte en même temps du capital dépensé.

C'est ainsi que, si on compare les deux lignes 1 et 3, établies toutes deux dans d'excellentes conditions, en multipliant le parcours total journalier par le bénéfice net, et en divisant le résultat par le montant du capital-action, on obtient un résultat tout à fait à l'avantage de la ligne 3, bien que les dépenses d'exploitation de cette ligne soit notablement supérieures à celles de la ligne 1.

Comparant les lignes à câble n° 3 et à l'électricité G, établies dans la même ville, par conséquent dans les mêmes conditions de climat, de cherté du combustible, de main-d'œuvre, et exploitées toutes deux par voitures

motrices et non par trains, on a fait ressortir que la ligne à câble supportait des charges fixes d'intérêt supérieures de 1,7 cent, et que chaque dollar du capital-action placé dans la construction de la ligne à câble rapportait 0f,00015 par jour, tandis que dans la ligne électrique il produisait 0f,0002. La dépense totale d'établissement de la ligne à câble était 2 fois 1/8 celle de la ligne électrique, et le capital-action de la première ligne 2,4 fois le second capital.

L'auteur a conclu à la supériorité de la traction électrique. Tout en reconnaissant que les lignes à câble avaient été construites, dans les États du Pacifique, par les meilleurs ingénieurs, et avaient donné de bons résultats, il a émis l'avis que l'électricité y aurait réalisé des résultats encore meilleurs; que, tandis que les lignes à câble auraient atteint leur plus haut degré de perfection, l'électricité aurait encore beaucoup de perfectionnements à réaliser et, finalement, constituerait le meilleur mode de transport rapide, 89 $^0/_0$ des lignes électriques rapporteraient de 5 à 12 $^0/_0$ de dividende.

La communication dont il s'agit nous paraît devoir donner lieu aux observations suivantes:

Ce n'est pas le capital-stock, ou capital-action, qu'il y a lieu de considérer pour comparer des lignes de tramways, mais bien le capital de premier établissement. Cela est surtout vrai aux États-Unis, où la proportion du capital-stock au capital total de premier établissement est essentiellement variable, comme le montrent les statistiques. Si on compare, par exemple, à une Compagnie n'ayant pas d'obligations et rapportant 4,6 $^0/_0$ à ses actionnaires une Compagnie réalisant le même bénéfice total, mais ayant les 9/10 du capital formés d'obligations rendant 4 $^0/_0$, on constate que, dans le second cas, le capital-action touchera un intérêt de 10 $^0/_0$, au lieu de 4,6 dans la première hypothèse. La seconde Compagnie, d'après le mode

de comparaison indiqué, serait supérieure à la première, tandis qu'en réalité elle obtiendrait des résultats identiques.

La comparaison des bénéfices nets réalisés par deux lignes ne peut donner une indication utile que si ces deux lignes ont des longueurs et des circulations à peu près semblables. Autrement, à bénéfices égaux, les lignes les plus longues se trouveraient dans des conditions d'exploitation beaucoup plus désavantageuses.

Cette comparaison, pour être rationnelle, suppose des tarifs et des circulations à peu près identiques, car, s'il n'en était pas ainsi, la ligne qui aurait des tarifs et une circulation notablement moindres, se trouverait également dans des conditions assez défavorables pour enlever toute signification à la comparaison des bénéfices nets.

De ces observations, il résulte qu'il n'est pas possible de comparer deux modes différents de traction en se basant uniquement sur les bénéfices nets, même en les rapprochant aux dépenses de premier établissement.

Le mieux paraît être de déterminer le prix de revient du kilomètre-voiture, en comprenant dans ce prix la dépense d'exploitation proprement dite et la charge d'intérêt du capital de premier établissement.

Cette détermination ne peut, d'ailleurs, pas être faite pour les lignes des tableaux placés en tête de ce paragraphe, parce que les renseignements donnés ne contiennent pas les dépenses de premier établissement de ces lignes.

Communication faite à Pittsburg.

M. J.-S. Badger a rendu compte, dans un Congrès d'ingénieurs, tenu à Pittsburg, de la brochure publiée par la Compagnie *Edison general electric*, dont nous avons parlé

plus haut, et fait une comparaison de la traction animale, électrique et funiculaire.

Les éléments qui sont pris en considération, aux États-Unis, pour le choix du mode de traction, sont, d'après M. Badger, la dépense de premier établissement, la dépense d'exploitation par voyageur transporté, le rapport des dépenses d'exploitation aux recettes brutes, enfin, la dépense d'exploitation par car-mille.

C'est uniquement le premier et le dernier résultats qui doivent être envisagés, suivant cet ingénieur. Le deuxième et le troisième ne donnent aucune indication précise. Deux lignes peuvent donner la même dépense par voyageur transporté, le même coefficient d'exploitation, et cependant l'une peut permettre de donner un dividende du capital fort supérieur à l'autre.

Si le capital dont on peut disposer pour l'établissement d'une ligne doit être réduit au strict nécessaire, il est bien évident qu'on est conduit à adopter le système le plus économique ; dans ce cas, la traction funiculaire doit être exclue, lorsque les rampes ne dépassent pas une certaine limite, et la préférence doit être donnée à la traction animale. Mais, lorsqu'on n'est pas limité par le montant des dépenses, on doit rechercher le système qui donne la dépense par car-mille la plus réduite, cette dépense comprenant à la fois la dépense d'exploitation et la charge d'intérêt du capital engagé. On ne peut, d'ailleurs, comparer deux lignes que si elles ont à peu près le même nombre de voitures en circulation par unité de longueur, et si les voitures transportent sensiblement le même nombre de voyageurs.

M. Badger a donné les renseignements suivants pour 22 lignes électriques, représentant une longueur de lignes de 184 milles et de voies de 255 milles, pour 45 lignes à traction animale, représentant 550 milles, exploitées dans l'État de Massachusetts, de 1885 à 1891, et pour 10 lignes

à câbles d'une longueur de 67 milles, d'après les renseignements donnés par le *Census Bulletin*, n° 55, publié par l'Administration centrale des États-Unis :

		TRACTION		
		électrique	animale	funiculaire
Dépense totale de premier établissement par mille (en dollars)	de ligne	38.500	33.406	350.325
	de voie simple	27.780	31.093	184.275
Cars-milles parcourus par mille de ligne		76.158	43.345	309.395
Voyageurs transportés	par mille de ligne	237.028	251.816	1355.965
	par car-mille	3,10	5,81	4,38
Dépenses d'exploitation	par car-mille (en cents)	11,02	24,32	14,12
Charge d'intérêt, à 6 %	par car-mille (en cents)	3,03	4,62	6,97
Dépense totale, intérêt compris	par car-mille (en cents)	14,05	28,94	20,91
Dépense, intérêt non compris	par voyageur transporté (en cents)	3,55	4,18	3,22
Dépense, intérêt compris	par voyageur transporté (en cents)	4,53	4,98	4,77
Rapport de la dépense de premier établissement	par mille de ligne	1,152	10,00	10,486
Rapport des cars-milles parcourus	par mille de ligne	1,757	10,00	7,138
Rapport de la dépense d'exploitation, intérêt compris	par car-mille	0,485	10,00	0,722
Rapport du trafic qui devrait être réalisé pour payer les dépenses d'exploitation et payer un intérêt de 6 %		0,852	51,54	5,154

S'occupant plus particulièrement de la traction électrique, M. Badger a donné la décomposition suivante de la dépense d'exploitation par car-mille relative à cette traction, cette dépense étant exprimée en cents.

	MAXIMUM	MINIMUM	MOYENNE
	cents	cents	cents
Entretien de la voie..............	1,86	0,10	0,54
— de la ligne électrique...	0,95	0,01	0,12
— de l'usine..............	0,86	0,05	0,36
Charbon et personnel de l'usine..	4,95	0,48	1,96
Entretien des cars et des moteurs.	5,24	0,59	1,80
Dépenses de traction.............	9,47	2,74	4,98
Frais généraux..................	2,95	0,79	1,26
	26,28	4,76	11,02

La dépense du charbon est évaluée de 1 à 3 dollars par tonne; les salaires des conducteurs, de 10 à 20 cents par heure; la consommation du charbon, de 4,5 à 12,2 livres par car-mille; la force, de 3,7 à 8,4 chevaux-vapeur par car en service.

L'auteur de la communication a fait remarquer que le nombre de voyageurs transportés par voiture avait été un peu plus faible pour l'électricité que pour les autres modes de transport, 3,10 au lieu de 5,81 et 4,18, que le nombre de voyageurs, transportés par mille de ligne, avait été inférieur pour l'électricité, 237.018 au lieu de 251.816 et 1.355.965. Il a fait ressortir que, malgré ces circonstances désavantageuses, les dépenses d'exploitation, par car-mille et par voyageur transporté, intérêt compris ou non compris, avaient été plus faibles pour l'électricité que pour les autres modes de traction, à l'exception de la seule dépense par voyageur transporté, un peu supérieure à celle de la traction funiculaire. M. Badger a fait, d'ailleurs, remarquer, avec raison, que cette dernière dépense avait peu de signification.

Au point de vue de la dépense de construction ramenée à la longueur de la ligne, M. Badger a fait ressortir que celle des tramways électriques ne dépassait que de 15 % celle des tramways à chevaux, tandis que celle des tramways

funiculaires lui était plus de 10 fois supérieure. Enfin, le trafic donnant un intérêt de 6 % au capital engagé, pour la traction animale, étant pris pour unité, il suffirait d'un trafic moindre, 0,852, pour donner le même intérêt avec la traction électrique, tandis qu'il fallait un trafic plus de cinq fois supérieur avec la traction funiculaire.

De cet ensemble d'observations, M. Badger conclut naturellement à la supériorité de la traction électrique, d'une manière absolue, indépendamment de toute considération sur l'importance de la circulation desservie.

Le raisonnement de M. Badger prête à la critique en ce qu'il compare des résultats qui s'appliquent à des circulations très différentes variant à peu près du simple au double et au quadruple. Des résultats pareils ne sont pas comparables; les dépenses d'exploitation par car-mille n'auraient pas été les mêmes pour la traction animale, si la circulation avait été celle de la traction électrique, c'est-à-dire à peu près double.

Plusieurs des chiffres qui servent de base aux raisonnements de M. Badger sont certainement inadmissibles comme moyennes. Ainsi, la dépense de construction d'un tramway électrique par mille de voie simple serait moins coûteuse que celle d'un tramway à chevaux, 27.780 francs au lieu de 31.003. Or, si on peut différer d'avis sur le montant de l'augmentation de dépense qu'entraîne l'adoption de l'électricité par rapport à la traction animale, cette augmentation n'est contestée par aucun ingénieur.

Les dépenses d'exploitation indiquées par les trois modes de traction peuvent bien résulter de la moyenne des lignes considérées, mais il est certain, d'après les statistiques des trois États de l'Est, consignées dans des documents officiels, que les dépenses mentionnées par M. Badger ne représentent pas les moyennes exactes qui doivent servir de base à la comparaison des modes de traction envisagés.

En calculant ces moyennes d'après ces statistiques, nous indiquerons plus loin les résultats très différents auxquels on arrive.

Rapport du Board of Railroad de l'État de Massachusetts en 1894.

Le *Railroad Commissionners Report* de l'État de Massachusetts contient, en 1894, sur l'économie comparative de l'électricité comme force motrice, un chapitre très intéressant et très instructif, quoique un peu pessimiste, dont nous donnons ci-dessous la traduction intégrale, pour ne dénaturer aucune des observations judicieuses qu'il contient :

« Il est encore trop tôt pour donner des conclusions exactes et définitives sur l'économie de la force motrice électrique comparée à la traction animale, en fait de tramways. Et, cependant, il est à souhaiter, pour le capitaliste et pour le public, qu'une opinion moyenne se fasse aussi rapprochée que possible de la vérité, et que les idées fausses ou exagérées soient redressées, dans le cas où elles auraient gagné du terrain.

« Il ne s'agit pas ici de déterminer si l'électricité est un succès en tant que force motrice ou si, tenant compte de la commodité, du confort et de la rapidité du voyage d'un côté, et, de l'autre, de l'encombrement et du danger que courent les voyageurs, la traction électrique est préférable, tout compte fait, à la traction animale. La question à éclaircir est de savoir si cette traction assure un plus grand rendement des capitaux engagés et, par là, une diminution future possible des prix de transport, de façon à être, au bout d'un certain temps, plus rémunératrice pour l'actionnaire et plus économique pour le public.

« C'est dans ce but qu'ont été dressés les quatre tableaux suivants, relatifs à l'année 1893-1894 :

1° *Rapport des dépenses d'exploitation aux recettes brutes.*

ANNÉES	RECETTES BRUTES	DÉPENSES D'EXPLOITATION	POURCENTAGE
	$	$	
1884	4.828.242,08	3.783.931,14	78,37
1885	5.108.715,44	4.087.773,13	80,02
1886	5.786.756,50	4.631.638,92	80,04
1887	6.381.404,28	5.284.706,67	82,81
1888	6.824.317,34	5.532.797,23	81,07
1889	7.523.575,15	5.898.803,97	78,40
1890	8.348.285,22	6.244.208,16	74,80
1891	8.861.841,07	6.746.303,54	76,13
1892	9.798.060,02	7.029.479,31	71,74
1893	10.832.174,16	7.501.845,07	69,26
Moyennes.....	7.429.337,16	5.674.148,71	76,37

2° *Recettes brutes et nettes par mille de voie construite et par car-mille.*

ANNÉES	MOYENNES PAR MILLE			MOYENNES PAR CAR-MILLE		
	recettes brutes	dépenses d'exploitat.	recettes nettes	recettes brutes	dépenses d'exploitat.	recettes nettes
				cents	cents	cents
1884	15.633$	12.226$	3.407$	29,74	23,31	6,43
1885	14.675	11.742	2.933	28,12	22,50	5,62
1886	14.200	11.362	2.838	29,43	23,56	5,87
1887	13.570	11.229	2.341	30,94	25,62	5,32
1888	12.789	10.369	2.420	29,36	23,80	5,56
1889	13.103	10.274	2.829	30,98	25,71	5,27
1890	13.632	10.167	3.435	31,48	23,87	7,61
1891	13.178	10.032	3.146	32,03	24,38	7,65
1892	12.980	9.312	1.668	33,01	23,69	9,32
1893	12.392	8.582	3.820	31,39	21,74	9,65
Moyennes.	13.369	10.210	3.159	30,88	23,58	7,30

3° *Recettes brutes et nettes par voyage et par voyageur transporté.*

ANNÉES	MOYENNES PAR VOYAGE			MOYENNES PAR VOYAGEUR		
	recettes brutes	dépenses d'exploitat.	recettes nettes	recettes brutes	dépenses d'exploitat.	recettes nettes
	$	$	$	cents	cents	cents
1884	2,00	1,57	0,43	5,09	3,99	1,10
1885	1.89	1,51	0,38	5,07	4,06	1,01
1886	2,01	1,61	0,40	5,16	4,13	1,03
1887	1,98	1,64	0,34	5,11	4,23	0,88
1888	2,12	1,72	0,40	5,07	4,11	0,98
1889	2,18	1,71	0,47	5,07	3,98	1,09
1890	2,22	1,66	0,56	5,06	3,79	1,27
1891	2,24	1,70	0,54	5,03	3.83	1,20
1892	2,35	1,69	0,66	5,05	3,62	1,43
1893	2,41	1,67	0,74	5,07	3,51	1,56
Moyennes.	2,17	1,66	0,51	5,07	3,88	1,19

4° *Dépenses moyennes de premier établissement par mille.*

ANNÉES	CONSTRUCTION	ÉQUIPEMENT	IMMEUBLES	DÉPENSE TOTALE	CAPITAL-STOCK et obligations
1884	19.736$	9.703$	11.449$	40.888$	37.529$
1885	18.582	9.240	10.528	38.350	35.008
1886	17.272	8.676	10.072	36.020	32.663
1887	17.618	8.330	9.687	35.635	32.673
1888	16.921	9.317	9.457	33.695	32.304
1889	16.180	7.880	11.116	35.176	33.907
1890	17.335	10.658	11.415	39.408	38.256
1891	17.919	11.614	12.202	41.735	40.890
1892	19.520	15.215	12.558	47.293	46.184
1893	26.792	15.455	11.739	53.986	53.367

« Les tableaux précédents ont été établis dans le but principal de jeter sur la question à résoudre autant de lumière que les faits et les statistiques peuvent le permettre. Ces tableaux s'étendent à la période décennale

comprise entre 1884 et 1893. Durant la première moitié de cette période, les tramways étaient entièrement à traction animale, tandis que, pendant la deuxième période, la traction animale a été si rapidement remplacée par l'électricité que déjà plus des 4/5 de la longueur des tramways sont actionnés de cette façon. La comparaison suivante des années 1893 et 1888 donne donc l'idée la plus exacte des résultats financiers réalisés jusqu'à présent par les deux systèmes.

REVENUS ET DÉPENSES	EN 1888	EN 1893	POURCENTAGE
	cents	cents	
Revenu net par voyageur transporté	0,96	1,56	62,50
Revenu net par car-mille parcouru	5,56	9,65	73,56
Revenu net par voyage	40	74	85
— net par mille de voie	2.420 dol.	3.811 dol.	57,44
Dépense de construction par mille	33.695	53.986	60,22
Capitalisation par mille	33.304	53.367	65,20

« Les augmentations de bénéfices nets par voyageur, car-mille et voyage, qui varient de 62 à 85 % en faveur de 1893, semblent, à première vue, très frappantes, et, si, c'étaient les seuls éléments à envisager dans la question, le succès financier de la traction électrique pourrait être proclamé immédiatement, non seulement comme assuré, mais aussi comme merveilleux. Mais il y a d'autres facteurs importants et décisifs qui ne doivent pas être oubliés.

« Tout d'abord une augmentation des bénéfices nets doit être rapprochée de l'augmentation des dépenses. L'industriel, dont la nouvelle usine gagnerait deux fois plus que l'ancienne, n'a rien gagné si la nouvelle lui coûte deux fois plus également que l'ancienne. Aussi le critérium le plus concluant consiste-t-il à comparer l'augmentation des

bénéfices nets par mille et celle des dépenses de construction. En suivant cette méthode, on verra que, tandis que les bénéfices nets par mille ont été de 57 0/0 plus grands, les dépenses ont été respectivement de 60 et 65 0/0 plus élevées en 1893 qu'en 1888, ce qui fait manifestement pencher la balance du côté de la traction animale.

« En second lieu, on doit considérer que les tramways électriques sont de construction récente. Toutes les dépenses qui les concernent ont été portées au compte de premier établissement et non pas à celui d'exploitation. Comme il arrive pour une maison nouvellement construite et agencée, dans laquelle les réparations sont relativement peu élevées pendant les premières années, la dépense d'entretien des tramways électriques a été jusqu'ici relativement faible, et les bénéfices nets d'exploitation ont été, par contre, élevés. C'est ce qui explique en grande partie, sinon entièrement, la réduction extraordinaire du coefficient d'exploitation pendant les deux ou trois dernières années.

« La production et la distribution de la force motrice électrique demandent des machines coûteuses et des appareils nombreux et compliqués qui doivent être maintenus en parfait état d'entretien. L'usure de la voie et de la ligne sera augmentée par le poids du matériel roulant du nouveau système. A mesure qu'on s'éloignera de la période de construction, les dépenses de reconstruction et de réparations ne pourront qu'augmenter. On ne pourra ainsi se rendre compte des bénéfices nets du nouveau mode de traction que lorsqu'une expérience suffisamment prolongée aura fait ressortir la dépense normale d'entretien de cette traction.

« Une autre comparaison peut être faite des deux modes de traction en considérant les disponibilités des Compagnies pendant les deux périodes considérées. Le tableau

suivant donne l'actif, le passif et la différence qui constitue les disponibilités :

ANNÉES	ACTIF	PASSIF	DISPONIBILITÉS	PAR %
1884	13.449.991$	12.410.631$	1.039.360$	13,44
1885	14.186.081	13.022.488	1.163.593	14,41
1886	15.959.710	14.590.375	1.369.335	15,01
1887	17.947.589	16.544.688	1.402.901	13,89
1888	19.206.656	18.464.101	742.555	6,82
1889	21.466.720	20.739.980	726.740	5,91
1890	26.317.809	25.611.989	705.820	4,74
1891	31.777.906	31.210.768	567.138	2,90
1892	39.631.770	38.794.815	836.955	3,55
1893	50.130.273	49.589.688	540.585	2,09

« La moyenne des disponibilités, pendant les cinq années qui ont précédé l'introduction de l'électricité comme force motrice, a été de 12,45 % de l'actif, tandis que, pour les cinq années qui correspondent à son introduction, cette disponibilité est diminuée graduellement jusqu'à une moyenne de 3,51 %, le nombre le plus bas, 2,09 %, étant précisément celui de la dernière année.

« En regard de ces disponibilités le tableau suivant donne les dividendes distribués :

ANNÉES	CAPITAL-ACTION	BÉNÉFICE NET	DIVIDENDE	%
1884	7.732.200$	697.469$	444.090$	5.74
1885	8.077.100	638.436	507.044	6.28
1886	9.125.645	791.335	494.070	5.41
1887	10.096.980	648.382	530.920	5.26
1888	10.894.850	785.008	625.617	5.74
1889	12.290.740	1.025.758	838.649	6.82
1890	14.879.130	1.430.116	963.184	6.47
1891	19.553.952	1.299.153	1.100.615	5.63
1892	23.590.536	1.905.680	1.582.697	6.71
1893	25.883.575	1.993.399	1.716.637	6.63

« On voit par ce tableau que le dividende moyen des cinq dernières années, 6,44 %, a excédé celui des cinq premières années, 5,66, de près de 1 %. Le rapprochement de ce tableau et du précédent montre que les Compagnies de transport ont plus diminué leurs disponibilités qu'elles n'ont augmenté leurs dividendes.

« Nous devons conclure de là, tout bien considéré, qu'il n'est, jusqu'à présent, nullement prouvé que la traction électrique assure des bénéfices nets supérieurs. C'est plutôt le contraire qui a lieu. Cela n'est pas dit, toutefois, pour prétendre que la traction électrique soit ruineuse, car les résultats qui seront obtenus, après le développement complet de ce mode de traction, différeront probablement très peu de ceux qui s'appliquent à la traction animale ou à vapeur. Un tramway électrique bien situé et bien administré nous paraît avoir les mêmes chances de succès qu'un tramway à vapeur ou à chevaux, mais, d'après les données actuelles, il n'en a certainement pas de meilleures. Si le tramway est établi dans de mauvaises conditions et mal administré, ce n'est pas l'emploi de l'électricité qui le sauvera de la destinée qu'il aurait eue avec un autre mode de traction.

« On peut et on doit dire sans hésitation que la traction électrique n'a pas donné une moyenne de bénéfices qui permette d'assurer autre chose qu'un rendement ordinaire aux capitaux engagés. L'idée, qui a obtenu quelque faveur, que cette traction est un filon d'une richesse inépuisable est manifestement fausse. Cette traction ne se prête pas à des entreprises de spéculation, à moins qu'elles ne soient faites par des hommes peu scrupuleux, qui abusent de la crédulité d'un public mal informé.

« Dans une administration prudente, il convient de mettre chaque année une partie assez importante des bénéfices en réserve, de façon à parer aux événements imprévus et aux dépenses exceptionnelles. C'est ainsi que les

directeurs de la *West-End Company*, de beaucoup la plus grande et la mieux dirigée des Compagnies de tramways, ont agi sagement à tous les points de vue en réduisant de leur plein gré le dividende des actions. Une telle manière de faire n'a pu qu'augmenter la valeur de l'action pour le capitaliste avisé. »

Les observations qui précèdent ont eu évidemment pour but, de la part des Railroad Commissioners, de prémunir leurs concitoyens contre un emballement en faveur de la traction électrique et de les empêcher d'acheter à des prix très élevés des lignes construites par des agioteurs en vue d'une revente avec gros bénéfices. A ce point de vue, elles n'ont pu qu'être fort utiles. Mais, au point de vue d'une judicieuse comparaison de la traction électrique avec la traction animale, ces observations ont un caractère trop pessimiste et prêtent à plusieurs critiques.

S'il est parfaitement juste de dire que, dans les premières années qui suivent l'établissement d'un tramway, les dépenses d'entretien ne sont pas ce qu'elles deviennent plus tard, il ne paraît y avoir de déductions bien probantes à tirer d'une comparaison entre les dividendes et les disponibilités qui ont constitué une bien petite partie de l'actif.

En outre, si les résultats de l'année 1888 s'appliquent bien exclusivement à la traction animale, ceux de 1893 ne s'appliquent que pour environ les 4/5 à la traction électrique, et, par conséquent, on ne fait pas une comparaison bien exacte des deux modes de traction en comparant les résultats de ces deux années. Il est assurément préférable de distinguer, comme nous l'avons fait, les tramways à chevaux, à fil électrique aérien, et les tramways mixtes.

Il est certain que le rapprochement de l'augmentation des bénéfices nets, qui a été de 57 % de 1888 à 1893,

de l'augmentation des dépenses, qui s'est élevée à 60 %, paraît peu favorable à la traction électrique, mais il y a plusieurs observations à faire à ce sujet.

Tout d'abord, il est à remarquer que la plupart des tramways exploités par électricité, en 1893, sont d'anciens tramways à chevaux dont le mode de traction a été changé ; la dépense totale à laquelle ces tramways ont donné lieu a donc été certainement plus élevée que si on les avait construits tout d'abord comme tramways électriques.

Ensuite, il convient de tenir compte des recettes brutes réalisées en 1888 et de celles qui, en 1893, s'appliquent plus spécialement à la traction électrique. Car il n'est pas contestable que plus une ligne réalise de recettes brutes élevées plus elle se trouve dans des conditions favorables d'exploitation et de recettes nettes. Les tableaux mentionnés ci-dessus montrent que la recette moyenne a été la même, 5,07, pendant les deux années, et que les recettes brutes ont varié de 12.789 francs en 1888, à 12.392 francs, pour 1893. Mais, si on se reporte aux statistiques des tableaux annexes 3 et 4, on constate qu'en 1893 la recette nette des tramways exploités entièrement par l'électricité à fil supérieur a été de 6.121 francs par mille de voie simple, alors que la moyenne générale des tramways de tout système s'est élevée à 11.340 francs. Ces résultats montrent qu'en 1893 les tramways électriques ont eu une circulation bien inférieure à la circulation moyenne des tramways de tout système. Cela s'explique, d'ailleurs, facilement. Les premières lignes ont été établies dans les villes les plus populeuses et où les trafics à desservir sont les plus considérables ; ces lignes ne se sont transformées que peu à peu en lignes électriques. Les tramways entièrement électriques ont, au contraire, été établis surtout dans des faubourgs ou des localités peu importantes ; il n'est donc pas étonnant que la circu-

lation y soit moindre que sur les tramways à chevaux.

Comme dernière observation, nous ferons remarquer qu'il convient de faire entrer en ligne de compte, au profit de la traction électrique, l'augmentation de trafic que réalise cette traction sur une ligne quelconque par rapport à la traction animale, par le fait de la vitesse supérieure de marche des voitures mues par l'électricité. Il est difficile de donner une évaluation précise de cette supériorité, d'autant plus qu'elle doit varier avec la nature de la circulation et la longueur de la ligne, mais elle n'en est pas moins importante.

Pour toutes ces raisons, nous estimons que les conclusions, en faveur de la traction animale, des membres du *Board of Railroad* de l'État de Massachusetts ne peuvent pas être adoptées d'une façon générale.

Prix de revient comparatifs du kilomètre-voiture correspondant à la traction animale, électrique et funiculaire, d'après l'exploitation des tramways de Chicago.

Comme on l'a vu au chapitre II, la *Chicago-City Railway Company* exploite des tramways de trois systèmes, et les *West and North Chicago-Street Railroad Companies* exploitent des tramways à chevaux et à câbles. L'exploitation de ces Compagnies donne donc des renseignements intéressants au point de vue de la comparaison des dépenses d'exploitation de ces divers modes de traction, les recettes et les dépenses étant exprimées en dollars.

Chicago-City Railway Company.

Longueurs de voies simples par traction		
	funiculaire	34,77 milles
	électrique	74,22 —
	animale	52,63 —

	TRACTION	1892	1893	1894
Voyageurs transportés	funiculaire.	»	»	54.690.808
	électrique..	»	»	9.514.816
	animale....	»	»	20.589.363
Milles parcourus...	funiculaire.	»	19.713.610	15.851.400
	électrique..	»	1.537.430	1.850.260
	animale....	»	5.053.050	3.965.750
Recettes des voyageurs par car-mille.	funiculaire.	»	0,19965	
	électrique..	»	0,34148	
	animale....	»	0,31050	
Dépenses d'exploitation par car-mille.	funiculaire.	»	0,09921	0.0997
	électrique..	»	0,33600	0.1690
	animale....	»	0,24863	0.2539

West Chicago Street Railroad Company.

Longueurs de voies simples par traction		
	funiculaire	34 milles
	animale	151 —

	TRACTION	1892	1893	1894
Voyageurs transportés	funiculaire.	39.746.545	45.933.073	45.181.243
	animale....	54.771.929	61.120.388	40.106.059
Milles parcourus...	funiculaire.	6.505.093	7.210.890	7.370.611
	animale....	9.077.048	9.602.245	8.300.839
Recettes des voyageurs par car-mille.	funiculaire.	0,3029	0,3118	0,3007
	animale....	0,2919	0,3069	0,2320
Dépenses d'exploitation par car-mille.	funiculaire.	0,1388	0,1371	0,1346
	animale....	0,1966	0,1983	0,1838

North Chicago Street Railroad Company.

Longueurs de voies simples par traction .... { funiculaire .... 17 milles
animale .... 50 —

	TRACTION	1892	1893	1894
Voyageurs transportés	funiculaire.	50.416.457	59.765.165	49.571.483
	animale....		20.546.508	
Milles parcourus...	funiculaire.	»	5.695.402	»
	animale....	»	3.528.961	»
Dépenses d'exploitation par car-mille.	funiculaire.	0.1365	0.1250	0.1302
	animale....	0.1926	0.1988	0.1899

Les dépenses d'exploitation par kilomètre-voiture et les circulations représentées par les nombres de kilomètres-voitures par kilomètre exploité se résument comme il suit :

1894	DÉPENSES D'EXPLOITATION PAR TRACTION			CIRCULATION PAR TRACTION		
	animale	électrique	funiculaire	animale	électrique	funiculaire
Chicago-City......	0,82	0,54	0,32	76.000	25.000	438.000
West Chicago.....	0,59	»	0,43	55.000	»	217.000
North Chicago....	0,61	»	0,42	71.000	»	335.000

Au point de vue de l'économie, la traction électrique dans les trois Compagnies principales de Chicago est ainsi intermédiaire entre les tractions animale et funiculaire pour les circulations qui sont desservies. Le prix relativement élevé de l'électricité s'explique par le caractère suburbain du réseau électrique et la faible circulation qui lui correspond.

Prix de revient comparatifs correspondant à la traction animale électrique, funiculaire et à vapeur, d'après l'exploitation des tramways de Birmingham.

Bien qu'ils s'appliquent à une ville anglaise, il nous paraît intéressant de mentionner les renseignements donnés à ce sujet par l'*Engineering*, de Londres, et l'*Engineering News*, de New-York.

	TRACTION			
	à vapeur	animale	électrique	funiculaire
Cars-milles parcourus	1.184.401	637.724	138.396	522.876
Voyageurs transportés	14.242.827	3.752.416	1.144.718	5.241.362
Voyageurs transportés par car-mille	12,02	5,80	8,27	10,02
Dépenses d'exploitation par car-mille (en cents) — Salaires	4,12	4,88	5,20	2,92
— Charbon	1,80	7,44	3,52	1,32
— Eau	0,44	0,12	0,14	0,14
— Réparations	4,40	2,22	2,22	2,34
— Voitures	0,66	1,08	3,86	1,66
— Traction	3,36	2,52	2,68	2,60
— Voie et bâtiment	3,10	0,28	0,28	0,26
— Frais généraux	2,10	1,04	2,10	1,42
Dépense totale par car-mille (en cents)	21,98	19,58	19,80	12,66
Recettes par voyageur	2,60	3,80	3,66	2,56
— par car-mille	31,34	22,04	20,30	24,06
Coefficient d'exploitation	0,70	0,89	0,65	0,49

Le prix de revient de la traction funiculaire est sensiblement la même que celui de Chicago ; le prix de la traction animale le même que celui des deux Compagnies de Chicago ; seul le prix de traction électrique diffère assez sensiblement de celui de la *Chicago-City Company*. La traction funiculaire est la plus économique à Birmingham,

comme à Chicago ; la traction à vapeur, la plus dispendieuse ; mais la traction électrique n'y présente pas la même supériorité par rapport à la traction animale et diffère ainsi des résultats généralement constatés aux États-Unis.

Prix de revient moyens correspondant à la traction animale, électrique et funiculaire aux États-Unis.

Comme conséquence des divers renseignements donnés dans la présente étude, nous pensons que les conditions moyennes des tramways actionnés par les trois modes de traction envisagés peuvent se résumer comme il suit :

	TRACTION		
	animale	électrique	funiculaire
Dépense par kilomètre de voie simple..............	60.000 fr.	110.000 fr.	250.000 fr.
Nombre de kilomètres-voitures parcourus par kilomètre de voie...........	30.000	70.000	220.000
Dépense d'exploitation par kilomètre-voiture.........	0f,50	0f,40	0f,32
Charge d'intérêt à 5 %....	0 10	0 08	0 06
Prix de revient total.......	0 60	0 48	0 38

Il est inutile d'ajouter que ces prix sont susceptibles de grandes variations d'une ville et d'une installation à une autre ville et à une autre installation.

Il est évident aussi que les prix de revient du kilomètre augmentent ou diminuent en raison inverse des intensités de circulation. Comme mesures de cette intensité, il convient de considérer, non pas les nombres de

voyageurs transportés, mais bien les nombres de kilomètres-voitures parcourus par kilomètre. En effet, si les recettes des voyageurs représentent la source exclusive ou de beaucoup la plus considérable des recettes totales des Compagnies de tramways, la dépense d'exploitation et, par conséquent, le prix de revient du kilomètre-voiture varie peu avec le nombre des voyageurs correspondant à cette unité de mesure, tandis qu'il est, au contraire, évidemment en relation directe avec le nombre de kilomètres-voitures parcourus par kilomètre.

Circulations à partir desquelles la traction électrique est plus économique que la traction animale, et la traction funiculaire plus économique que la traction électrique.

Si l'on considère les divers éléments dont se composent les dépenses d'exploitation dans les tractions animale et électrique, on reconnaît qu'une partie des frais généraux, de l'entretien de la voie, du personnel, qu'on peut évaluer à environ 15 $^0/_0$ du total des dépenses d'exploitation, reste constante, quelle que soit l'intensité de la circulation. Ces 15 $^0/_0$ du prix de revient du kilomètre-voiture varient, par conséquent, en raison inverse de cette intensité, et il en est naturellement de même de la charge d'intérêt correspondant au kilomètre-voiture. Les 85 $^0/_0$ du prix de revient restent invariables.

Si on appelle x le nombre de kilomètres-voitures par kilomètre de voie pour lequel les prix de revient des tractions animale et électrique sont égaux, la valeur de x est donnée par l'expression de cette égalité :

$$0,85 \times 0.50 + (0,15 \times 0,50 + 0,15) \frac{20.000}{x}$$

$$= 0,85 \times 0,40 + (0,15 \times 0,41 + 0,08) \frac{70.000}{x}.$$

La circulation pour laquelle il y a égalité entre les deux modes de traction est de 60.000 kilomètres-voitures, et le prix de revient du kilomètre-voiture correspondant est exactement de $0^f,50$. Au-dessous de 60.000 kilomètres-voitures, la traction animale est plus économique, et, au-dessus de cette limite, c'est la traction électrique qui devient plus avantageuse.

Pour établir la même comparaison entre les tractions électrique et funiculaire, il convient de remarquer que la plus grande partie des frais de traction proprement dits correspondant à la marche des câbles à vide est indépendante de la circulation. On peut évaluer, dans ce cas, à 30 % la partie du prix de revient du kilomètre-voiture, qui varie en raison inverse de cette circulation.

L'égalité des prix de revient des deux modes de traction est donnée par l'expression suivante :

$$0,85 \times 0,40 + (1,15 \times 0,40 + 0,00) \frac{70.000}{x}$$
$$= 0,70 \times 0,32 + (0,30 \times 0.32 + 0,07) \frac{220.000}{x}.$$

La circulation donnée par cette égalité est de 180.000 kilomètres-voitures, et le prix de revient correspondant ressort à $0^f,40$.

Les deux limites mentionnées ci-dessus s'éloignent peu de la règle qui nous a été donnée par un ingénieur de tramways de Philadelphie. D'après cette règle, il faudrait, pour que les tractions électrique et funiculaire soient plus économiques, respectivement, que les tractions animale et électrique, que, par mille de voie simple, la recette journalière soit supérieure, dans le premier cas, à 50 dollars et, dans l'autre, à 100 dollars. Ces recettes correspondent à des recettes kilométriques annuelles de 60 à 120.000 francs. En admettant 3 voyageurs à $0^f,25$ par

kilomètre-voiture, les circulations données plus haut correspondraient à des recettes de 45 à 135.000 francs.

Si on suppose une durée de service de 16 heures, les circulations de 60 et 180.000 kilomètres-voitures correspondent à un intervalle de 6 et 2 minutes entre les voitures.

Rendements des capitaux engagés correspondant aux circulations limites mentionnées dans le paragraphe précédent.

De ce qu'à partir des circulations de 60 et 180.000 kilomètres-voitures les tractions électrique et funiculaire deviennent plus économiques, il ne faudrait pas conclure que les rendements des capitaux engagés sont également plus élevés qu'avec les tractions animale et électrique. Ces rendements dépendent, en effet, des nombres de voyageurs transportés par kilomètre-voiture. C'est ainsi que, si on admet une recette de 0f,25 par voyageur, on trouve les résultats suivants :

Circulation de 60.000 *kilomètres-voitures.*

Frais d'exploitation par kilomètre-voiture ...	traction animale....	0f,450
	— électrique..	0 408

NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par kilomètre-voiture	RENDEMENT DES CAPITAUX ENGAGÉS AVEC LA TRACTION animale	électrique
1,80	0 °/o	2,29 °/o
2	5	5,02
3 »	30	18,65

Circulation de 180.000 kilomètres-voitures.

Frais d'exploitation par kilomètre-voiture ... } traction électrique.. 0f,365
— funiculaire. 0 330

NOMBRE DE VOYAGEURS transportés par kilomètre-voiture	RENDEMENT DES CAPITAUX ENGAGÉS AVEC LA TRACTION	
	électrique	funiculaire
1,38	0 °/o	2,5 °/o
1,60	5,7	5,2
2,00	21,9	12,1
3,00	63,2	30,2

On voit, par ces chiffres, qu'il suffit d'un nombre moindre de voyageurs transportés pour assurer une faible rémunération du capital engagé avec la traction électrique pour la circulation de 60.000 kilomètres-voitures, et avec la traction funiculaire, pour la circulation de 180.000 kilomètres-voitures; mais, par contre, si le nombre de voyageurs par kilomètre-voiture dépasse 2 ou 1,60, c'est le mode de traction le moins coûteux qui assure le rendement le meilleur du capital engagé.

Il en résulte que, dans certains cas, si l'économie du prix de revient du kilomètre-voiture doit faire pencher la balance du côté de la traction électrique comparée à la traction animale, et de la traction funiculaire comparée à la traction électrique, l'inverse se produit, si l'on considère le rendement des capitaux engagés.

C'est alors que doit intervenir une considération qu'il n'est pas possible de préciser, mais qui n'en a pas moins une grande importance, nous voulons parler de l'augmentation de recettes qui est produite immédiatement par le fait d'une substitution à une traction d'une autre traction à départs plus fréquents, plus rapide et plus goûtée du public. Cette influence est universellement admise aux États-Unis.

Pour ne citer, à ce sujet, qu'un exemple emprunté à la

France, nous dirons que, lorsqu'on a substitué la traction électrique à la traction animale, à Lyon, pour la ligne de Lyon à Oullins et Saint-Genis, les kilomètres-voitures et les recettes ont passé de 190.000 à 363.000 kilomètres-voitures et de 175.000 à 288.000 francs.

Dans de nombreux cas, comme on peut le remarquer dans les statistiques, on a adopté la traction électrique, aux États-Unis, à cause de sa plus grande rapidité, alors qu'en raison de la faible circulation la traction animale aurait, sans doute, été plus économique. Toutes les fois qu'il s'est agi de mettre en valeur, aux environs d'une ville, des terrains destinés aux résidences, on a établi de préférence des tramways électriques, et il est bien certain qu'avec ce mode de transport, beaucoup plus rapide que la traction animale, qui évite les cahots si désagréables que font éprouver les tramways à chevaux sur les chaussées mal entretenues, avec des voitures propres et confortables, les Compagnies de tramways, qui ont été, le plus souvent, fondées par les propriétaires de terrains, ont contribué beaucoup plus efficacement à leur plus-value.

Pour la France, où le prix d'acquisition et d'entretien des chevaux est plus élevé qu'en Amérique, nous pensons que le point de passage de la traction animale à la traction électrique est inférieur à 60.000 kilomètres-voitures.

C'est ainsi que, sur la ligne que nous venons de mentionner, la substitution de l'électricité aux chevaux a été très avantageuse, lorsque la circulation a dépassé 45.000 kilomètres-voitures. La Compagnie des tramways de Lyon a substitué la traction électrique à la traction par vapeur surchauffée, système Francq, sur la ligne de Lyon à Vénissieux, où la circulation ne dépasse pas 32.000 kilomètres-voitures ; enfin, elle est en instance pour obtenir la substitution de la traction électrique à la traction animale sur tout son réseau, sur lequel la circulation moyenne ne dépasse pas 55.000 kilomètres-voitures.

A Paris et dans le département de la Seine, la recette moyenne est de 70.000 francs, par suite, notablement supérieure à celle que nous avons indiquée pour la supériorité de la traction électrique.

Les circulations et les recettes pour lesquelles la traction funiculaire l'emporte sur la traction électrique sont, au contraire, très rarement atteintes en France. A Lyon, la ligne la plus active n'a qu'une circulation de 70.000 kilomètres-voitures et une recette de 100.000 francs par kilomètre de voie.

A Paris et dans le département de la Seine, il n'y a que 12 lignes, soit 17 $^0/_0$ seulement du réseau total de tramways, qui aient des recettes supérieures à 120.000 francs.

Résumé et conclusions.

Actuellement, les tramways des États-Unis présentent les caractères principaux suivants :

Substitution rapide de la traction électrique par fils aériens à la traction animale sur une grande partie des anciens tramways à chevaux ;

Adoption de la traction électrique pour beaucoup de lignes nouvelles, notamment quand il s'agit de relier aux centres des villes les quartiers de résidences ou les terrains à mettre en valeur, même avec de faibles circulations, en raison des avantages que présente ce mode de traction pour les voyageurs ;

Adoption, dans un certain nombre de villes, de la traction funiculaire, non seulement sur des voies à profil accidenté, mais encore sur des chaussées à peu près horizontales, lorsqu'il y a de grands courants de circulation à desservir ;

Tendances à adopter, dans certains cas, dans les villes, la traction électrique par canalisation souterraine ;

Rôle secondaire de la traction à vapeur, et absence presque complète d'autres modes de traction.

Les considérations qui doivent entrer en ligne de compte pour le choix à faire d'un système de traction, pour une ligne de tramway, peuvent se résumer comme il suit :

Dépenses de construction et d'exploitation, sécurité, commodité, espacement des voitures, capacité de transport.

Ce que nous avons dit dans les paragraphes précédents donne sur les premiers points une comparaison aussi exacte qu'on peut le faire entre les divers modes de traction adoptés aux États-Unis.

Au point de vue de la sécurité, les tramways électriques américains se trouvent dans un état sensible d'infériorité par rapport aux tramways à traction animale, et, quoique nous n'ayons pas de renseignements particuliers à ce sujet, il est permis de penser qu'il en est de même des tramways funiculaires.

Les moindres vitesses réalisées habituellement en France, et surtout les habitudes de plus grandes précautions rendraient vraisemblablement les accidents de tramways électriques ou funiculaires moins fréquents, dans notre pays, qu'aux États-Unis. Comme la question de sécurité n'a pas empêché les tramways américains de ces systèmes de se développer d'une façon vraiment prodigieuse, il paraît certain qu'il en serait de même, à plus forte raison, en France.

C'est surtout en ce qui concerne l'espacement des voitures que la traction à vapeur a paru, aux États-Unis, très inférieure aux autres tractions. Elle comporte, en effet, des trains de plusieurs voitures et, par conséquent, à égalité de circulation, un intervalle de temps plus grand entre les trains. A cet égard, les tractions funiculaire et électrique présentent le même avantage de pouvoir s'effectuer par voitures automobiles isolées, et c'est sous cette forme

qu'elles sont le plus généralement réalisées aux États-Unis.

Pour la capacité de transport, l'avantage appartient incontestablement à la traction funiculaire. Tandis que l'addition d'un nombre déterminé de voitures sur une ligne électrique augmente, à peu près dans la proportion de l'augmentation de ce nombre, la puissance de l'usine motrice, cette addition n'a, au contraire, qu'une très faible influence sur la puissance d'une usine de traction funiculaire. Comme on établit toujours une usine avec une certaine marge, il en résulte que, tandis que l'extension de l'exploitation est limitée par cette marge dans le premier cas, elle est pour ainsi dire illimitée dans le second.

Comme nous l'avons dit dans le cours de notre travail, on a eu l'occasion de constater fréquemment aux États-Unis que la substitution à un mode de traction d'un autre mode plus rapide, plus fréquent, plus confortable et plus goûté du public, avait pour effet d'augmenter, dans une notable proportion, l'intensité de la circulation des voyageurs. Il est donc bien évident que, s'il s'agit d'une ligne neuve, le choix du mode de traction a une influence sérieuse sur le nombre de voyageurs qu'elle transportera. A ce point de vue, la supériorité de la traction à vapeur sur la traction animale paraît peu marquée, à moins qu'il ne s'agisse de très longs parcours, puisque la rapidité plus grande est compensée par une plus grande capacité des unités de transport et, par conséquent, par un plus grand espacement de ces unités. Tout au contraire, la supériorité des tractions funiculaire ou électrique est considérable.

Malgré les avantages qu'elle présente, nous pensons qu'en dehors des voies à profil accidenté et à fortes circulations, la traction funiculaire a peu d'avenir en France. Tout d'abord, comme nous l'avons expliqué dans le cours de notre travail, cette traction n'est justifiée que pour des circulations très actives qui sont rarement atteintes

dans notre pays. En second lieu, la nécessité des deux rails supplémentaires du milieu de la voie, l'obligation de constituer la chaussée au moyen de plaques de fonte striée sur une partie de la voie, dans les courbes, le bruit produit par le roulement des poulies d'entraînement des câbles, surtout dans les courbes accentuées, constituent un ensemble de sujétions qui seraient beaucoup moins facilement acceptées en France qu'aux États-Unis.

Les raisons qui ont motivé la substitution de la traction électrique à la traction animale aux États-Unis existent, au contraire, avec plus de force pour nos lignes françaises, puisque la traction animale y est relativement plus coûteuse.

Il est plus difficile de prévoir sous quelle forme la substitution à la traction animale d'une traction plus économique et plus goûtée du public prendra le plus d'extension en France. Il ne faut pas exagérer, à notre avis, les inconvénients d'esthétique des tramways à fils aériens : soit qu'on accroche les fils transversaux aux murs des maisons riveraines, soit qu'on utilise les poteaux des fils aériens comme supports de lanternes d'éclairage, on peut diminuer sensiblement cet effet disgracieux. Si la traction électrique à fils aériens reste seule en présence avec la traction animale, il paraît probable que ses nombreux avantages l'emporteront sur le défaut d'esthétique dans un grand nombre de villes.

Il en serait moins facilement de même, si la traction par accumulateurs devenait moins coûteuse, si la traction par touches électriques successives, suivant le système qui a été essayé pour la première fois à l'Exposition de Lyon de 1894, et qui vient d'être adopté à Paris pour une ligne partant de la place de la République, ou tout système analogue, recevait la consécration d'une expérience un peu longue et concluante, si, enfin, les divers modes de traction déjà employés, système Serpollet, air comprimé, prenaient plus d'extension.

Le défaut d'esthétique n'est, d'ailleurs, un inconvénient que pour les lignes urbaines; pour les lignes suburbaines, ou établies en rase campagne, le courant électrique par fil aérien constitue un mode de traction électrique simple, peu coûteux, rapide, et on ne peut que souhaiter, dans l'intérêt du public, qu'il prenne, en France, le plus de développement possible.

Ce genre de traction paraît susceptible d'application, dans certains cas, en matière de chemins de fer d'intérêt local, lorsque le trafic comporte un nombre journalier de trains suffisant; dans le cas où les rails sont placés sur la voie publique, il présente l'avantage de moins effrayer les chevaux que l'emploi de la vapeur; en donnant la possibilité de fractionner le poids ordinaire d'un train en plusieurs unités de transport, il permet d'augmenter le nombre de trains sans augmentation sensible des dépenses d'exploitation; enfin, dans les cas si nombreux où un chemin de fer est établi près d'un cours d'eau, le courant électrique peut être établi dans de bonnes conditions au moyen de moteurs hydrauliques.

De quelque manière et sous quelque forme qu'elle se réalise, l'extension des tramways en France s'accentuera vraisemblablement de plus en plus. Il est à souhaiter qu'elle se produise dans les systèmes les plus économiques, au point de vue de la bonne utilisation des capitaux, et aussi les plus appréciés du public, en raison de l'influence du mode de traction sur le développement du trafic. A ce point de vue, l'exemple des pays qui ont précédé la France dans ce mouvement, au premier rang desquels il convient de mettre les États-Unis, sera toujours bon à consulter.

Lyon, le 24 juillet 1895.

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE III

Voie et matériel roulant.

CONSTRUCTION DE LA VOIE.

MATÉRIEL ROULANT

CHAPITRE IV

Les tramways à traction animale.

CHAPITRE V.

Les tramways électriques.

TRAMWAYS A FILS AÉRIENS.

CHAPITRE VI.

Les tramways funiculaires.

CHAPITRE VII.

Comparaison des divers modes de traction.

TABLEAUX ANNEXES.

TABLEAUX ANNEXES

ANNEXE

Répartition des longueurs de voies et des

ENTRE LES TRACTIONS ANIMALE, ÉLECTRIQUE, FUNICULAIRE,

(D'après le *Street*

1894

ÉTATS et TERRITOIRES	CHEVAUX		ÉLECTRICITÉ		CABLE		VAPEUR		TOTAL	
	milles	cars	milles	cars	milles	cars	milles	cars	milles	cars
Alabama	21	72	82	142	»	»	137	146	240	360
Arizona	5	2	5	8	»	»	»	»	10	10
Arkansas	30	78	39	85	»	»	5	1	74	164
California	219	488	266	467	163	742	50	25	698	1.722
Colorado	10	13	206	537	30	62	15	4	261	616
Connecticut	35	52	210	592	»	»	»	»	245	644
Delaware	»	»	24	65	»	»	»	»	24	65
District Columbia	69	379	52	107	22	400	»	»	143	886
Florida	24	57	11	21	»	»	»	»	35	78
Georgia	29	35	229	360	»	»	26	12	284	407
Idaho	»	»	3	2	»	»	»	»	3	2
Illinois	333	3.452	421	922	86	924	41	162	881	5.460
Indiana	29	43	269	640	»	»	8	18	306	701
Jowa	16	20	230	454	7	34	12	13	265	521
Kansas	36	46	116	207	»	»	11	27	163	280
Kentucky	60	171	205	551	»	»	3	2	268	724
Louisiana	45	152	150	278	»	»	»	»	195	430
Maine	28	62	70	138	»	»	»	»	98	200
Maryland	24	130	177	402	36	132	2	2	239	666
Massachusetts	122	820	859	3.197	»	»	7	?	988	4.017
Michigan	60	335	250	648	»	»	9	13	319	996
Minnesota	7	11	297	1.004	7	40	»	»	311	1.055
Mississipi	13	23	»	»	»	»	6	30	19	53
Missouri	35	125	339	1.563	118	1.065	20	36	512	2.789
Montana	»	»	54	60	2	4	2	5	58	69
Nebraska	51	68	141	331	7	22	»	»	199	421
New-Hampshire	24	77	27	44	»	»	»	»	51	121
New-Jersey	73	292	310	780	2	2	1	6	386	1.080
New York	401	3.288	877	2.289	40	495	95	1.938	1.413	8.010
North-Carolina	5	7	37	71	»	»	7	5	49	83
Ohio	118	250	653	1.849	44	306	3	11	818	2.416
Oregon	7	8	100	187	8	24	25	21	140	240
Pennsylvania	88	507	1.016	2.675	68	298	7	21	1.179	3.501
Rhode-Island	3	2	128	420	3	58	»	»	134	480
South-Carolina	35	93	21	6	»	»	»	»	56	99
South-Dakota	17	13	11	7	»	»	7	1	35	21
Tennessee	18	21	173	363	1	2	69	85	261	471
Texas	83	152	261	377	»	»	13	14	357	543
Utah	»	»	89	120	»	»	6	?	95	120
Vermont	2	9	13	22	»	»	»	»	15	31
Virginia	30	97	106	192	»	»	4	5	140	294
Washington	7	8	203	181	18	63	»	»	228	252
West-Virginia	10	18	29	58	»	»	9	27	48	103
Wisconsin	21	31	249	427	»	»	14	9	284	467
Wyonning	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
TOTAUX	2.243	11.507	9.008	22.849	662	4.673	614	2.639	12.527	41.668

1

voitures en service à la fin de 1893 et 1894

A VAPEUR ET LES DIVERS ÉTATS D'AMÉRIQUE

Railway Journal).

1893										
CHEVAUX		ÉLECTRICITÉ		CABLE		VAPEUR		TOTAL		OBSERVATIONS
milles	cars	milles	cars	milles	cars	milles	cars	milles	cars	
36	92	79	144	»	»	148	112	263	348	
5	4	5	3	»	»	»	»	10	7	
38	85	35	95	»	»	5	1	78	181	
231	706	251	403	156	630	49	79	687	1.818	
7	7	163	327	30	232	15	4	215	570	
107	417	72	158	»	»	»	»	179	575	
6	22	13	50	»	»	»	»	19	72	
57	324	56	107	22	389	»	»	135	820	
28	55	5	10	»	»	»	»	33	65	
34	89	213	306	»	»	28	27	275	422	
»	»	3	2	»	»	»	»	3	2	
343	3.389	396	805	86	863	4	2	829	5.059	
92	167	173	402	»	»	8	14	273	583	
34	50	232	431	7	34	18	19	291	534	
54	111	108	160	»	»	11	22	173	293	
98	280	130	413	»	»	»	»	228	693	
98	334	50	103	»	»	9	36	157	473	
28	52	48	93	»	»	»	»	76	145	
59	263	110	267	37	209	2	4	208	743	
219	1.968	616	2.184	»	»	6	13	841	4.165	
51	206	249	637	»	»	9	11	309	854	
16	16	313	778	11	80	»	»	340	874	
21	54	»	»	»	»	6	10	27	64	
43	183	324	1.078	108	1.114	22	30	497	2.405	
»	»	60	67	2	4	2	5	64	76	
52	91	160	297	6	36	»	»	218	424	
22	50	24	39	»	»	»	»	46	89	
167	669	202	500	1	2	8	15	378	1.186	
629	4.275	758	2.215	39	408	112	1.446	1.538	8.344	
5	7	30	53	»	»	7	7	42	67	
148	208	644	1.684	44	306	3	11	839	2.209	
7	8	91	173	8	23	31	39	137	243	
522	1.812	687	1.278	70	324	4	6	1.283	3.420	
68	353	51	89	3	58	»	»	122	500	
34	93	12	6	»	»	»	»	46	99	
17	16	9	7	»	»	6	2	32	25	
23	50	202	332	»	»	73	57	298	439	
99	205	278	365	»	»	32	29	409	599	
»	»	86	128	»	»	6	2	92	130	
10	19	5	8	»	»	»	»	15	27	
24	74	113	177	»	»	4	6	141	340	
7	8	221	250	27	77	16	5	271	257	
13	19	34	85	»	»	»	»	47	104	
23	33	230	419	»	»	12	9	265	461	
5	11	»	»	»	»	»	»	5	11	
3.574	16.875	7.547	17.128	657	4.789	656	2.023	12.434	40.815	

RENSEIGNEMENTS STATISTIQUES

Sur l'exploitation de 21 lignes de tramways électriques dans les villes de 50.000 habitants et au dessous

Compulsés par M. L.-W. Serrel, d'après les rapports des Commissions de tramways.

NOM DE LA LIGNE OU DE LA VILLE	POPULATION en 1890	CAPITAL actions	CAPITAL obligations	MILLES de voies	RECETTES brutes	DÉPENSES d'exploitation	RECETTES nettes	VOYAGEURS transportés	NOMBRE de transports annuels de chaque habitant	RECETTES BRUTES par habitant	COEFFICIENT d'exploitation
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Auburn, N.-Y.	25.858	50.000	200.000	5.5	36.729	27.473	10.256	765.749	30	1 50	72
Amsterdam, N.-Y.	17.264	250.000	170.000	7.5	44.598	32.399	12.199	586.914	35	1 75	»
Findlay, O	18.674	200.000	200.000	8.5	45.855	30.829	15.025	917.100	48	2 40	67
Des Moines, Iowa	50.093	1.000.000	600.000	34 »	186.054	113.956	72.006	3.836.125	76	3 80	60
Erie, Pa	40.634	400.000	200.000	23 »	125.648	70.529	55.118	2.636.620	64	3 20	59
Fitchburg, Mass	29.302	167.000	30.000	13 »	94.672	64.816	29.856	1.430.465	49	2 45	68
Galveston, Texas	29.084	1.000.000	300.000	38 »	156.448	101.378	55.069	3.071.789	106	5 30	65
Gloucester, Mass	21.262	180.000	60.000	8 »	52.694	35.860	16.834	1.047.296	50	2 50	68
					58.736	37.446	21.290	1.171.670	55	2 75	64
Harrisburg, Pa	39.385	125.000	»	11 »	107.459	66.489	40.969	2.127.672	55	2 75	62
Jamestown, N.-Y.	25 000	1.000.000	300.000	18 »	75.949	65.723	10.226	1.719.620	»	»	»
Norwalk, Com	20.000	70.000	60.000	31/2	11.646	4.698	6.948	232.926	46	2 30	»
Pawtucket, R.-J	27.502	200.000	»	12 »	62 249	52.727	9.522	1.222.435	44	2 20	84
Schenectady, N.-Y	18.393	300.000	300.000	5.2	74.143	54.890	19.253	745.416	40	2 00	»
Taunton, Mass	25.488	100.000	»	13 »	44.963	40.014	4.949	862.005	34	1 70	88
Springfield, Mass	58.186	1.000.000	»	34 »	391.173	291.559	99.614	7.551.473	130	6 50	74
Brockton, Mass	39.021	250.000	300.000	22 »	142.082	99.963	42.119	3.010.831	77	3 85	68
Augusta.... 10.521 Hallowel ... 3.147 Gardiner ... 5.484 } Me ..	19.152				41.349	27.464	13.885	826.940	41	2 05	66
Waterville.. 7.091 Fairfield.... 2.500 } Me ..	9.591				16.519	12.749	4.411	330.380	34	1 70	77
Plymouth... 7.292 Kingston... 1.582 } Mass.	8.874	70.000	35.000	6 1/2	28.711	19.859	8.852	504.115	56	2 80	69
Glens-Falls. 10.386 Fort-Edward 3.242 Sandy-Hill. 3.662 } N.-Y.	17.290	120.000	100.000	8 »	37.669	26.665	11.004	693.955	41	2 05	70
Attleboro .. 7.575 N.......... 6.727 Wrentham.. 2.742 } Mass.	16.044	60.000	50.000	6 1/2	38.688	30.493	8.195	775.876	47	2 35	77

Les nombres des colonnes 3, 4, 6, 7, 8 et 11 sont exprimés en dollars.

ANNEXE 3

CHEMINS DE FER EN AMÉRIQUE

Par MM. LAVOINE et PONTZEN.

Frais d'établissement de diverses lignes Anglaises, Françaises et Américaines de tramways.

Prix des transports par tramways.

Conditions et dépenses d'établissement des tramways.

Conditions et dépenses d'exploitation des tramways.

Frais d'établissement par kilomètre de diverses lignes Anglaises, Françaises et Américaines de tramways.

DÉSIGNATION DES LIGNES	NOMBRE de voies	LONGUEUR des lignes	PRIX de revient par kilomètre	OBSERVATIONS
		kilom.	francs	
1° *Angleterre.*				
Londres :				
North-Metrop. Tramways	2	49 0	349.980	
London —	2	32 4	323.400	
Streets —	2	8 8	436.257	
Dublin	2	25 6	249.640	
Edimbourg	1 et 2	21 4	258.076	
Glasgow	2	22 4	348.000	
Southport	1	6 4	102.237	
2° *France.*				
Paris :				
Voies ferrées (anc. concess. Loubat)	2	23 3	204.332	
Compagnie des Omnibus	2	54 2	321.380	
Tramways nord	2	56 6	323.065	
Tramways sud	2	32 0	328.584	
Le Havre	1 et 2	9 1	178.441	
Rouen	1 et 2	23 1	177.484	
Tours	1	5 6	120.718	
Orléans	1	7 2	83.475	
Nancy	1 et 2	4 4	131.834	
Marseille	2	23 9	277.765	
Bordeaux	1 et 2	24 3	102.76	
3° *États-Unis.*				
New-York :				
2° avenue	2	16 1	725.012	
3° —	2	12 9	1.582.323	
6° —	2	6 4	1.833.448	
8° —	2	15 3	534.494	
Brooklyn-City	2	65 2	173.775	
Buffalo	2	14 2	228.821	
Philadelphie :				
Union	1	66 0	105.582	
7° et 9° rues	1	12 1	84.808	
Philadelphiax-City	1 et 2	15 5	152.000	
Germantown	1 et 2	45 0	94.158	
Erie City	1	3 4	60.413	
Harrisburg	1	3 3	37.250	
Boston :				
Métropolitain	1 et 2	10 0	137.885	
Cambridge		52 6	84.886	Sans matériel roulant
South-Boston	1	17 8	172.332	
Lowell	1	7 3	105.188	
Worcester	1	6 4	82.656	

Prix des transports par tramways.

DÉSIGNATION DES LIGNES	PRIX PAR VOYAGEUR transporté — dépense	PRIX PAR VOYAGEUR transporté — produit	OBSERVATIONS — PRIX de revient	OBSERVATIONS — PRODUIT brut
	francs	francs		
Etat de New-York **(1874).**			Les comptes rendus des Compagnies donnent par kilomètre de parcours d'un car :	
New-York :				
2e avenue	0 185	0 250		
3e id.	0 163	0 273		
6e id.	0 172	0 250		
Broadway et 7e rue	0 161	0 250		
8e avenue	0 182	0 250		
Drydock et 7e rue	0 126	0 250		
42e rue	0 191	0 250		
Bleecker-Street	0 192	0 250		
9e avenue	0 189	0 250		
Brooklyn-Bath et Coney-Island	0 323	0 629		
Brooklyn-City	0 172	0 250		
Buffalo-City	0 179	0 261		
Etat de Massachusetts **(1879).**				
Boston :			francs.	francs.
Métropolitain	0 211	0 257	0 651	0 790
South-Boston	0 212	0 272	0 872	1 032
Highland	0 203	0 248	0 668	0 816
Lynn et Boston	0 275	0 303	0 883	0 974
Middlesex	0 199	0 272	0 733	1 001
Union	0 204	0 266	0 576	0 748
Lowell	0 216	0 261	0 655	0 792
Worcester	0 250	0 276	0 856	0 947
Etat de Pensylvanie **(1875).**				
Philadelphie :			MOYENNES.	
Union	0 256	0 328		
13e et 15e rues	0 195	0 272	0 704	0 879
2e et 3e rues	0 214	0 307		
17e et 19e rues	0 169	0 273		
Philadelphia-City	0 194	0 294		
Lombard et South	0 256	0 29		
Hestonville	0 214	0 250		
Germantown	0 152	0 250		
Frankford et Southwark	0 221	0 312		
Harrisburg-City	0 231	0 275		
Pittsburg Citizen	0 175	0 280		
Erie-City	0 198	0 242		

Conditions et dépens

DÉSIGNATION DES LIGNES		LONGUEUR des voies principales	LONGUEUR des autres voies	POIDS du rail employé
Etat de New-York.		kilom.	kilom.	kilogr.
New-York	2e avenue	17.71	17 71	30
	3e avenue	12.90	16 10	28 à 34
	6e avenue	6.44	7 04	30
	Broadway et 7e avenue	12.90	13 26	26 à 32
	8e avenue	16.10	—	30 à 32
	Drydock et 7e rue	17 70	—	24 à 31
	42e rue	8.26	8 26	32
	Bleeckler-Street et Fulton-Ferry	14.50	20 93	28
	9e avenue	9.82	—	31 à 47
Brooklyn-Bath et Coney-Island		11.27	2 01	22 à 35
Brooklyn-City		70.84	72 45	22 à 32
Buffalo		14.18	14 18	25
Etat de Massachusetts.				
Boston	Métropolitain	73.00	7 03	15 à 28
	South-Boston	15.80	0 85	22 à 28
	Highland	10.46	3 20	24
	Lynn et Boston	18.90	1 70	12 5 à 22 5
	Middlesex	24.70	4 85	17 5 à 22 5
	Union	64.00	—	—
Salem		11.10	2 60	21 kil. en fonte
Lowell		7.84	0 33	14 à 16 5
Worcester		6.24	0 80	22 5
Etat de Pensylvanie.				
Philadelphie	Union	66 00	—	21 5 à 26 5
	13e et 15e rues	17 00	8 00	21 5
	2e et 3e rues	59 60	7 25	21 5 à 27 5
	17e et 19e rues	12 10	—	27 5 à 21 5
	Philadelphia-City	26 86	8 9	id.
	Citizen	14 50	—	22 5
	Hestonville, Mantua	30 60	5 60	21 5
	Germantown	45 00	16 90	22 à 26
	Frankford et Southwark	27 00	8 80	21 à 23
Harrisburg-City		3 30	0 10	19 à 22
Pittsburg-Birmingham		5 23	5 23	22
Erie-City		3 45	0 40	15

[ét]ablissement des tramways.

DÉPENSE PAR KILOMÈTRE de la ligne		DÉPENSE kilométrique totale y compris dépenses diverses	OBSERVATIONS
[p]our établissement de la voie	pour matériel roulant et cavalerie		
fr.	fr.	fr.	(Dans les dépenses d'établissement, les Compagnies accusent, pour frais d'indemnités de terrains et de dommages, les chiffres suivants par kilomètre :
6.8.047 1	76.965	725.012 1	1 127.510 francs
1.357.616 2	224.707	1.582.323 2	2 695.960
1.367.736 3	465.712	1.833.448 3	3 674.615
1.379.499 4	137.223	1.516.721 4	4 276.528
491.046 5	43.448	534.494 5	5 217.612
256.698 6	79.802	595.605 6	6 157.532
545.559 7	92.865	638.424 7	7 103.819
613.139 8	8.136	621.275 8	8 9.835
488.400 9	20.468	508.868 9 (*a*)	9 225.622 d'indemnités.
55.268 10	62.815	118.083 10	10 21.311
121.097 11	52.678	173.775 11	11 43.378
185.873 12	42.944	228.821 12	12 66.121
			(*a*) Cette ligne prolonge la précédente.
51.920	85.965	137.885	
70.527	102.405	172.932	
78.109	137.036	205.145	
48.138	28.925	77.063	
93.346	55.050	148.936	
—	—	39.775 13	13 Cette somme représente l'équipement et les bâtiments de l'exploitation.
80.887	91.698	83.520	
41.050	64.138	105.188	
48.610	34.046	82.656	
80.658 14	24.925	105.582	14 Y compris 24.492 francs par kilomètre pour indemnités de terrains.
—	—	83.139	
—	—	69.364	
57.361	27.447	84.808	
117.835	34.165	152.000	
31.933	56.672	88.605	
62.071	17.939	80.010	
—	—	94.158	
104 895	74.528	179.153	
24 256	12.994	37.250	
101 560	35.093	136.653	
35 539	24.874	60.413	

Conditions et dépen

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEUR	NOMBRE de chevaux	NOMBRE de cars	NOMBRE de voyageurs transportés en un an	DÉPENSE kilo-métrique d'exploitation
Etat de New-York **(1873).**	kilom.				francs
New-York :					
2e avenue	16 1	1.022	154	13.570.955	158.710
3e avenue	12 9	1.841	262	26.950.000	616.860
6e avenue	6 4	1.097	100	14.747.741	601.300
Broadway et 7e avenue	12 9	1.146	141	17.883.776	254.280
8e avenue	15 3	1.000	110	15.143.048	219.150
Drydock et 7e rue	17 3	835	131	15.536.160	183.250
42e rue	8 3	444	58	6.812.759	177.780
Bleecker-Street	14 5	400	40	5.057.191	75.882
9e avenue	9 8	190	20	1.784.346	46.207
Brooklyn-Bath et Coney-Island	11 3	1 cheval 9 machines	26	386.234	15.637
Brooklyn-City	65 2	1.895	412	29.500.000	91.265
Buffalo	14 2	281	58	3.442.768	68.613
Etat de Massachusetts **(1879).**					
Boston :					
Métropolitain	87 3	2.185	438	23.605.843	57.390
South Boston	17 8	532	112	6.068.673	72.350
Highland	21 4	663	112	7.099.149	67.450
Lynn et Boston	17 3	258	55	2.557.639	40.700
Middlesex	16 0	387	86	4.834.878	60.211
Union	61 2	900	128	8.572.409	35.110
Lowell	7 4	59	19	675.698	18.715
Worcester	6 4	59	17	733.263	24.780
Etat de Pensylvanie **(1875).**					
Philadelphie :					
Union	66 0	886	149	10.635.818	39.032
13e et 15e rues	17 0	259	39	3.929.259	46.311
2e et 3e rues	59 6	600	104	8.757.115	31.522
17e et 19e rues	12 1	304	38	3.207.433	72.157
Philadelphia-City	26 9	624	111	8.619.357	63.806
Lombard et South	12 9	183	37	1.518.900	33.041
Citizen	14 5	330	54	4.821.546	84.482
Hestonville-Mantua	30 6	485	79	6.646.336	47.231
Germantown	45 0	550	76	8.247.247	28.680
Frankford-Southwark	27 0	513	75	7.558.850	70.907
Harrisburg-City	3 3	24	7	232.365	22.717
Pittsburg Citizen	8 7	206	38	3.107.638	64.433
Erie-City	3 4	28	8	234.509	20.432

…ploitation des tramways.

	DÉCOMPOSITION de la dépense d'exploitation en centièmes							
…ies	matériel roulant	cavalerie	personnel	frais divers	RECETTE kilométrique	PRODUIT NET kilométrique	COEFFICIENT d'exploitation	DIVIDENDES en centièmes
					francs	francs		
4	5	48	40	3	211.548	52.838	75	8
2	3	31	38	26	829.770	212.910	74	9 5
2	3	48	43	14	728.280	126.971	84	10
6	6	48	35	5	357.201	102.921	71	6
7	7	47	30	6	260.797	41.647	81	12
8	7	36	41	8	368.670	185.150	50	8
3	6	40	35	15	355.190	177.410	50	9
2	9	54	30	5	88.863	12.981	85	—
[illegible]	3	44	39	7	48.909	2.602	94	—
	66		31	3	42.347	26.710	37	—
5	4 5	3	41	10 5	114.740	23.575	80	13
11	7	45	30	7	114.100	45.487	60	—
3	12	20	51	14	69.770	12.380	81	8
7	10	19	46	18	85.751	13.401	85	6
2	8	20	51	19	82.310	14.860	81	—
10	12	16	34	18	44.886	4.186	90	—
8	3 5	15	40	40 5	38.870	3.760	90	—
5	10	20	41	24	82.280	22.069	73	6
5	7	31	25	32	24.336	5.621	77	—
14	9	21	36	20	29.930	5.150	83	—
8	3	32	42	15	52.579	13.547	74	16
7	5	36	31	21	63.986	17.675	72	4
7	6	30	46	11	45.954	14.432	69	10
6	5	33	40	16	99.855	27.698	73	7
7	5	31	48	9	95.566	21.760	72	5
6	3	42	39	10	34.952	1.911	94	3
9	5	31	46	19	124.123	39.641	62	18
6	6	40	38	10	55.801	8.570	86	7
7	5	35	45	8	46.650	17.970	65	1
11	5	25	33	24	88.683	17.776	79	6
7	8	37	28	20	25.455	2.735	88	3
13	2	28	45	12	97.314	32.881	66	15
23	1	30	35	11	18.369	— 2.063	111	—

Renseignements statistiques sur le…

Désignation des lignes	Longueurs exploitées — intra-muros	Longueurs exploitées — extra-muros	Longueurs exploitées — totales	Dépenses de 1er établissement — totales	Dépenses de 1er établissement — par kilomètre de voie	Nombre des voyageurs transportés	Recettes brutes pr l'année (déduction faite des recettes accessoires) totales
§ 1. — RÉSEAU EXPLOITÉ PAR LA…							
1° Concession…							
	kilom.	kilom.	kilom.	francs	francs		francs
Louvre-Sèvres	7 482	3 863	11 345			1.143.061	162 9…
— Saint-Cloud (air comprimé)	7 502	2 633	10 135			1.730.667	253 7…
— Vincennes	6 022	2 236	8 258			8.273.135	1.180 5…
Totaux	21 006	8 732	29 738	6.489.270	218.215		1.597 2…
2° Réseau…							
Place Pigalle-Trocadéro	5 034	»	5 034			944.888	175.81…
La Villette-Etoile	5 725	»	5 725			8.887.511	1.545.2…
— Trocadéro	7 234	»	7 234			2.842.856	512.9…
— Place de la Nation	4 995	»	4 995			4.510.720	727.3…
Auteuil-Boulogne (vapeur, machine s. foyer)	»	2 760	2 760			1.544.605	181.5…
Boulogne aux Moulineaux	»	2 915	2 915			242.653	24.0…
Charenton-Créteil	»	4 870	4 870			479.868	89.3…
Totaux	22 988	10 545	33 533	6.860.873	204.600		3.226.…
3° Réseau…							
Bastille-Porte Rapp	6 100	»	»			4.785.635	893.…
La Chapelle-Square Monge	6 237	»	»			6.245.886	1.097.…
Montrouge-Gare de l'Est (en partie air comprimé)	6 378	»	»			12.733.411	2.342.…
Louvre-Cours de Vincennes	6 628	»	»			9.526.963	1.726.…
— Passy	5 429	»	»			2.131.500	379.…
La Muette-Rue Taitbout	6 496	»	»			3.830.430	765.…
Gare de Lyon-Place de l'Alma	6 646	»	»			3.543.495	642.…
Saint-Ouen-Bastille	5 721	1 134	6 855			11.712.639	1.979.…
Louvre-Charenton	6 105	2 471	8 576			3.385.264	557.…
Totaux	55 690	3 605	59.295	21.876.094	368.936		10.294.…
4° Réseau concédé…							
Place de la Nation-Gare de Seaux	6 870	»	6 870			966.449	176.…
Montreuil-Châtelet	5 636	»	5 636			1.684.543	303.…
Charenton-Place de la République	5 100	1 676	6 776			3.768.107	569.…
Auteuil-Saint-Sulpice	6 371	»	6 371			539.010	101.…
Châtelet-Saint-Denis	5 033	»	5 033			711.952	134.…
Opéra-Pantin	5 017	7 03	6 720			1.443.384	257.…
Totaux	34 027	3 379	3 406	5.677.391	151.778		1.544.…

[t]ramways de Paris.

[rec]ettes kilo-[mé]triques [a]nnuelles totales	recettes journalières par voiture	résultats pour l'ensemble des réseaux: produit brut	dépenses d'exploitation	produit net	coefficient d'exploitation	résultats par kilomètre de voie: produit brut	dépenses d'exploitation	produit net	intérêt 0/0 des capitaux engagés
COMPAGNIE GÉNÉRALE DES OMNIBUS.									
Loubat.									
francs	francs								
14.366	98 77								
25.039	125 93								
142.955	124 39								
		francs	francs	francs		francs	francs	francs	
		1.597.270	2.281.938	— 684.668	1 43	53.711	76.734	— 23.023	—10 55
départemental.									
35.926	113 28								
254.698	157 68								
70.914	154 34								
145.024	134 95								
65.788	79 22								
8.234	33 61								
18.344	61 47								
		3.226.316	2.747.512	478.804	0 85	96.213	81.934	14.279	6 98
[m]unicipal.									
131.655	143 56								
175.935	145 06								
170.200	178 28								
200.559	157 71								
69.873	115 79								
117.768	139 72								
96.726	133 78								
288.779	193 36								
65.034	107 94								
		10.294.538	9.579.720	714.818	0 93	173.615	161.729	11.886	3 27
[l]a Compagnie des Omnibus.									
25.082	68 78								
53.905	89 27								
84.409	153 77								
15.975	65 57								
26.812	34 85								
38.284	106 10								
		1.544.163	2.036.356	— 492.193	1 31	41.281	54.439	— 13.158	— 8 67

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEURS EXPLOITÉES intra-muros	extra-muros	totales	DÉPENSES de 1er établissement totales	par kilomètre de voie	NOMBRE des voyageurs transportés	RECETTES brutes pr l'année (déduction faite des recettes accessoires) totales
	kilom.	kilom.	kilom.			francs	francs
§ 2. — RÉSEAU EXPLOITÉ PAR LA COMPAGNIE DES							
Pantin-Place de la République	4.662	1.380	6.042			2.166.165	367.751
Aubervilliers-Place de la République	4.546	2.170	6.716			3.821.520	495.341
Saint-Denis-Opéra (électricité)	3.763	4.535	8.298			1.712.581	223.419
— Madeleine —	2.767	4.523	7.290			3.299.854	438.496
Gennevilliers —	2.691	4.650	7.341			3.307.745	360.423
Levallois-Perret —	2.962	1.764	4.726			1.688.690	255.743
Courbevoie (place Victor-Hugo) Madeleine	3.116	3.474	6.590			756.405	112.655
Suresne-Courbevoie	»	2.890	2.890			339.974	41.927
Courbevoie-Etoile (vapeur, mach. sans foyer)	1.024	2.555	3.579			3.460.335	460.453
— Madeleine	3.187	3.680	6.867			1.588.004	242.715
Asnières-Madeleine	3.390	3.540	6.930			2.183.152	204.664
Saint-Denis-Châtelet (partie extra-muros)	»	4.525	4.525			710.335	65.991
Neuilly-St-Denis (vapeur, machine Serpollet)	»	9.146	9.146			461.714	51.836
Totaux	32.108	48.832	80.940	11.965.554	147.832		3.321.412
§ 3. — RÉSEAU EXPLOITÉ PAR LA							
Etoile-Montparnasse	4.196	»	4.196			4.761.881	830.547
Montparnasse-Bastille	5.045	»	5.045			4.844.570	858.988
Place Walhubert-Place de la Nation	4.276	»	4.276			196.521	32.356
Clamart-Saint-Germain-des-Prés	4.908	4.836	9.744			2.458.993	329.214
Fontenay-aux-Roses —	4.192	4.876	9.068			4.257.687	554.947
Ivry-Square Cluny	4.859	2.618	7.477			1.318.500	214.68
Choisy-le-Roi-Châtelet	4.744	6.851	11.595			2.024.768	352.64
Villejuif-Châtelet	4.694	3.438	8.132			3.721.808	546.12
Charenton-Bastille	3.520	2.631	6.151			2.597.707	322.4
Vanves-Avenue d'Antin	4.989	1.761	6.750			522.586	83.0
Montreuil-Place de la Nation	1.445	2.706	4.151			675.800	101.3
Totaux	46.868	29.916	76.585	11.036.928	144.113		4.226.378
§ 4. — RÉSEAU EXPLOITÉ PAR LA							
Vincennes-Ville-Evrard (air comprimé)	»	14.246	14.246	2.100.000	147.410	1.659.535	364.975
§ 5. — RÉSEAU EXPLOITÉ PAR LA COMPAGNIE DU							
Paris à St-Germain, Marly, Rueil (vap., mac. sans foyer)	»	20.100	20.100	4.521.903	224.970	1.566.112	506.586
§ 6. — LIGNE EXPLOITÉE PAR LA COMPAGNIE							
Funiculaire de Belleville (funiculaire)	2.000	»	2.000	1.137.163	568.581	3.869.719	371.454
§ 7. — LIGNE EXPLOITÉE PAR LA COMPAGNIE							
Paris à Arpajon (vapeur, machine sans foyer)	»	17.300	17.300	6.204.622	358.648	427.935	113.267

RECETTES kilo-métriques annuelles totales	RECETTES jour-nalières par voiture	RÉSULTATS POUR L'ENSEMBLE DES RÉSEAUX			COEFFICIENT D'EXPLOITATION	RÉSULTATS par kilomètre de voie			INTÉRÊT °/₀ des capitaux engagés
		produit brut	dépenses d'exploitation	produit net		produit brut	dépenses d'exploi-tation	produit net	
francs	francs								
TRAMWAYS DE PARIS ET DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE.									
60.866	101 25								
73.755	126 52								
26.924	126 »								
60.150	153 47								
49.097	99 47								
54.114	88 30								
17.005	110 32								
14.507	54 45								
128.654	165 92								
35.345	112 05								
29.533	85 07								
14.584	45 19								
5.667	79 62								
		francs 3.321.412	francs 3.633.904	francs — 312.492	1 09	francs 41.035	francs 44.896	francs — 3.861	— 2 61
COMPAGNIE GÉNÉRALE DES TRAMWAYS.									
195.554	145 58								
170.265	145 30								
7.567	52 19								
33.682	109 82								
61.198	139 13								
28.712	84 13								
30.417	118 14								
67.158	130 86								
52.417	92 18								
12.307	60 24								
7.461	66 73								
		4.226.378	3.586.017	640.361	0 85	55.185	46.824	8.361	5 80
COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER NOGENTAIS.									
25.619	109 04	364.975	290.236	74.739	0 79	25.619	20.373	5.246	3 55
TRAMWAY A VAPEUR DE SAINT-GERMAIN.									
25.203	82 37	506.586	316.282	190.304	0 62	25.203	15.735	9.468	4 20
DU TRAMWAY FUNICULAIRE DE BELLEVILLE.									
185.727	97 11	371.454	241.124	130.330	0 65	185.727	120.562	65.165	11 46
DU TRAMWAY DE PARIS A ARPAJON.									
6.547	38 42	113.267	109.041	4.226	0 96	6.547	6.302	2.45	0 07

ANNEXE

Renseignements statistiques sur les tramways de la

I. — COMPAGNIE DES OMNIBUS

Longueur du réseau : 56.185 *mètres*

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEURS de ligne	LONGUEURS de voie	JOURNÉES de voitures	JOURNÉES de chevaux	KILOMÈTRES parcourus	RECETTES brutes
	kilom.	kilom.				francs
1° TRACTION						
1. — Bellecour-Montplaisir	4.055	5.550	1.460	15.911	146.738	102.892 65
2. — Bellecour-Montchat	5.075	6.481	1.825	16.620	173.057	107.323 05
3. — Cordeliers-Villeurbanne	4.270	7.256	2.753	25.668	273.793	284.067 90
4. — Parc de la Tête-d'Or-Perrache	4.973	8.712	3.939	37.492	388.888	342.726 10
5. — Bellecour-Pont-d'Ecully	4.887	9.075	3.285	30.186	314.293	212.552 65
6. — Place du Pont-Gare de Vaise	5.092	6.727	4.315	47.459	434.748	456.084 85
7. — Perrache-Brotteaux et annexe	4.276	8.106	7.375	67.079	709.789	971.035 95
7. — Brotteaux (voitures à 1 cheval)	»	»	1.251	4.124	76.574	59.109 00
8. — Pont Guillotière-Saint-Clair	4.876	7.521	3.236	22.237	314.093	198.966 45
9. — Bellecour-Gare de Vaise	4.025	4.339	1.095	11.218	109.385	49.137 60
12. — Place Le-Viste-Bon-Coin	5.540	6.308	2.231	14.836	210.340	119.967 00
10. — Place de la Charité-Oullins (jusqu'au 25 avril inclus)	5.904	10.675	938	8.620	80.366	71.075 60
Cordeliers-Parc (du 29 avril au 11 novembre inclus)			1.182	5.433	66.971	65.734 20
Perrache-Tête-d'Or (du 29 avril au 11 novembre inclus)			1.542	10.258	119.048	149.392 30
Service des théâtres					11.889	12.710 80
Camionnage, fumiers, recettes diverses				2.763		71.648 80
TOTAUX	41.561(1)	68.155 (1)	36.427	319.904	3.429.972	3.274.424 90

Coefficient d'exploitation ; 72,93 %.

Intérêt % du capital engagé (actions et obligations) : $\frac{100\ (3.274.424\ 90 - 2.388.033\ 40)}{8.443.000} = 10,5.$

Nombre de voyageurs transportés : 26.012.851.

Décomposition des dépenses

		VOIE	MATÉRIEL	TRACTION
		francs	francs	francs
Dépenses	par journée de voiture	4 539	3 430	28 640
	— de cheval	0 516	0 391	3 262
	par kilomètre parcouru	0 048	0 036	0 304
	Dépenses totales	165.328 15	124.999 85	1.035.531 65
	Pourcentage	7	53	43,4

5.

Compagnie des omnibus et tramways de Lyon.

ET TRAMWAYS DE LYON. — 1894.

de lignes et 88. 109 *mètres de voies.*

DÉPENSE d'exploitation	CHARGES financières	DÉPENSES totales	RÉSULTATS — de l'exploitation proprement dite — bénéfice	perte	RÉSULTATS — charges financières comprises — bénéfice	perte
francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
ANIMALE.						
112.854 30	28.909 60	141.853 90	»	9.961 65	»	38.961 25
121.699 75	30.351 10	152.050 85	»	14.376 70	»	44.727 80
188.283 15	46.653 75	234.936 90	95.784 75	»	49.131 00	»
273.067 45	67.411 70	340.479 15	69.658 65	»	2.246 95	»
220.763 50	55.048 85	275.812 25	»	8.210 75	»	63.259 60
338.335 55	86.390 55	424.726 10	117.749 30	»	31.358 75	»
495.588 50	122.859 15	618.447 65	475.447 45	»	352.588 30	»
39.984 95	7.468 40	47.453 35	19.124 05	»	11.655 65	»
172.929 30	40.626 00	213.555 30	26.037 15	»	»	14.588 85
79.967 55	20.458 30	100.425 85	»	30.829 95	»	51.288 25
115.257 70	26.855 30	142.113 00	4.709 30	»	»	22.146 00
62.624 45	17.637 70	80.262 15	8.451 15	»	»	9.186 55
51.146 90	9.418 95	60.565 85	14.587 30	»	5.168 35	»
95.667 65	17.758 65	113.426 30	53.724 65	»	35.966 00	»
4.459 00		4.459 00	8.251 80	»	8.251 80	»
15.403 80		15.403 80	56.245 00	»	56.245 00	»
2.388.033 40	577.938 00	2.965.971 40	886.391 50	»	308.453 50	»

(1) Sur les longueurs de ligne et de voie, il y a 872m et 1.744m qui sont empruntés à la fois par les tramways à chevaux et électriques ; 1k,439 et 2k,837m, à la fois par les tramways à chevaux et à vapeur.

Dans les totaux les parties communes à plusieurs lignes ne sont comptées qu'une fois.

d'exploitation.

PERSONNEL	DIVERS	TOTAL	CHARGES financières	TOTAL général
francs	francs	francs	francs	francs
20 339	8 608	65 556	15 866	81 422
3 315	0 980	7 464	1 806	9 270
0 216	0 092	0 696	0 169	0 865
740.872 40	313.549 40	2.388.033 40	577.938 00	2.965.971.40
31,1	13,2	100		

DÉSIGNATION des LIGNES	LONGUEURS de ligne	LONGUEURS de voie	NOMBRE de voyageurs transportés	KILOMÈTRES parcourus par les trains	KILOMÈTRES parcourus par les voitures	RECETTES brutes
	kilom.	kilom.				francs
Lyon-Vénissieux	8 964	10 889	949.781	142.470	286.883	191.314 50

Coefficient d'exploitation : 73 02.

Intérêt du capital engagé (actions et obligations) : $\frac{100\ (191.314\ 50\ -\ 139.706\ 40)}{638.000} = 8{,}9.$

Décomposition des

	VOIE	MATÉRIEL	TRACTION
	francs	francs	francs
Résultats des dépenses			
Dépense par kilomètre de voie	2.381 45	586 02	6.207 14
Dépense par kilomètre de train	0 150	0 037	0 391
Dépense par kilomètre de voiture	0 075	0 018	0 196
Dépenses totales	21.411 65	5.268 90	55.802 20
Pourcentage	15 3	3 8	39 9

3° TRACTION

(du 26 avril au

DÉSIGNATION DES LIGNES		LONGUEURS (1) de ligne	LONGUEURS (1) de voie	JOURNÉES de voitures	JOURNÉES de chevaux	KILOMÈTRES parcourus	RECETTES brutes
		kilom.	kilom.				francs
Voitures automobiles	Lyon-Oullins	5 904	10 675			330.668	259.838 05
	Oullins-St-Genis	2 066	2 246			8.136	10.931 45
Voitures remorquées	Lyon-Oullins	5 904	10 675			23.841	16.960 75
	Oullins-St-Genis	2 066	2 246			45	19 65
Totaux						362.690	287.749 90

Intérêt du capital engagé (actions et obligations) : $\frac{100\ (287.749\ 90\ -\ 139.975\ 10)}{650.000} = 7{,}35 \times \frac{365}{250} = 10{,}8$

calculé pour l'année entière

Décomposition des

	VOIE	MATÉRIEL	TRACTION
	francs	francs	francs
Dépense par kilomètre de voiture	0 012	0 031	0 06
Dépenses totales	4.236 55	11.239 80	25.261 409
Pourcentage	3	8	18 1

Coefficient d'exploitation pour 1894 : 48,64 %.

DÉPENSES d'exploitation	CHARGES financières	DÉPENSES totales	RÉSULTATS de l'exploitation proprement dite		RÉSULTATS charges financières comprises	
			bénéfice	perte	bénéfice	perte
francs	francs	francs	francs			francs
139.706 40	58.339 40	198.045 80	51.608 10	»	»	6.731 30

dépenses d'exploitation.

PERSONNEL	DIVERS	TOTAL	CHARGES financières	TOTAL général
francs	francs	francs	francs	francs
d'exploitation.				
4.015 00	2.350 01	15.538 47	6.488 64	22.027 11
0 253	0 148	0 981	0 409	1 390
0 127	0 074	0 487	0 203	0 690
36.094 75	21.128 80	139.706 40	58.339 40	198.045 80
25 9	15 1	100		

ÉLECTRIQUE

31 décembre 1894).

DÉPENSES d'exploitation	CHARGES financières	DÉPENSES totales	RÉSULTATS de l'exploitation proprement dite		RÉSULTATS charges financières comprises	
			bénéfice	perte	bénéfice	perte
francs	francs	francs	francs		francs	
139.975 10	64.920 00	204.895 10	147.774 80	»	82.854 80	»

Nombre de voyageurs transportés : 1.425.297 pour 250 jours.

dépenses d'exploitation.

PERSONNEL	DIVERS	TOTAL	CHARGES financières	TOTAL général
francs	francs	francs	francs	francs
0 139	0 133	0 385	0 179	0 563
50.722 75	48.514 60	139.975 10	64.920 00	273.160 80
36 2	34 7	100		

Coefficient d'exploitation avec la traction animale en 1893 : 82,22 %.

II. — COMPAGNIE LYONNAISE

Longueur du réseau : 12.445 *mètres*

DÉSIGNATION DES LIGNES	LONGUEURS de lignes	LONGUEURS des voies	KILOMÈTRES PARCOURUS par les trains	KILOMÈTRES PARCOURUS par les voitures
TRACTION A VAPEUR				
1° Cordeliers à Bron	6.126m	8.212m	146.205	259.808
2° Cordeliers à Monplaisir	5.173m	7.548m	116.210	237.146
Totaux (2)	10.463m	14.430m	262.415	496.954

(2) Dans les longueurs totales, on a tenu compte de ce fait que les lignes ont 836m de ligne et 1.330m de voie en partie communes.

DÉCOMPOSITION DES

	VOIE	MATÉRIEL	TRACTION
	francs	francs	francs
Dépense par kilomètre de ligne	633,49	1.219,37	8.430,47
Dépense par kilomètre de voie	461,15	887,63	6.136,91
id. par voyageur	0,0023	0,0043	0,0301
id. par kilomètre de train	0,0248	0,0477	0,3297
id. par kilomètre de voiture	0,0131	0,0251	0,1741
Dépenses totales	6.502,19	12.515,64	86.530,41
Pourcentage	2,9	5,5	38,4

DES TRAMWAYS. — 1894

de lignes et 17.141 mètres de voies (*)

RECETTES BRUTES	DÉPENSES D'EXPLOITATION	RECETTES NETTES	OBSERVATIONS
(Machines sans foyer.			(*) Y compris une nouvelle ligne Perrache-Brotteaux exploitée seulement à partir de la fin de 1895
francs	francs	francs	
191.021,85 158.862,70	225.499,88	124.384,67	
349.884.55	225.499.88	124.384.67	

Coefficient d'exploitation $\frac{225.499,88}{349.884,55} = 0,64$ Intérêts du capital engagé $\frac{100(349.884,55—225.499,88}{2.000.000}=6,32$

DÉPENSES D'ENTRETIEN

PERSONNEL	FRAIS DIVERS	TOTAUX	OBSERVATIONS
francs	francs	francs	
7.371,90 5.366,33	4.314,74 3.140,88	21.969,97 15.992,90	
0,0262	0,0153	0,0782	
0,2883 0,1522	0,1687 0,0893	0,8592 0,4538	
75.665,18 33,5	44.286,46 19,7	225.499,88	

ANNEXE 6

Déformations élastiques ou permanentes produites par diverses pressions horizontales sur les rainures centrales des voies de tramways funiculaires.

Les flèches indiquées sur les figures désignent le point d'application et le sens des pressions. Les pressions sont exprimées en livres, et les déformations en pouces.

(*Voir les figures de la planche* 14.)

PRESSION	P_1		P_2	
	déformations élastiques	déformations permanentes	déformations élastiques	déformations permanentes
Chicago-City Railway (*fig.* 2). Poids de la ferme, 164 1/2 livres.				
200	0 01		0 02	
400	0 02		0 04	
1.000	0 045	0 00	0 12	0 00
1.600	0 075		0 195	
2.000	0 09		0 27	0 025
3.000	0 145		0 515	0 17
North-Chicago City Railway.				
400	0 015			
1.000	0 03	0 00		
2.000	0 055	0 00	*Fig.* 3. Poids de la ferme: 416 1/2 livres.	
3.000	0 085	0 00		
4.000	0 12	0 005		
5.000	0 155	0 01		
10.000	0 355	0 04		
St-Louis-Cable-Western Railway.				
200	0 05			
500	0 115		*Fig.* 4. Poids de la ferme : 241 livres.	
800	0 185			
4.000	1 01	0 16		
4.800	2 13			
Grand-Avenue. Cable-Line. Kansas-City.				
100	0 02			
200	0 045			
500	0 125	0 10		
1.000	0 27	0 03	*Fig.* 9	
1.500	0 44			
2.000	0 62			
3.000	0 93			
Autre ferme de tramway de Kansas-City.				
200	0 01			
1.000	0 04	0 00		
1.400	0 06			
2.000	0 085	0 01	*Fig.* 10. Poids de la ferme · 380 livres.	
3.000	0 15			
4.000	0 20	0 01		
8.000	0 44	0 04		
10.000	0 56	0 05		

STIQU

les voies

)	RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
›por- °/o › la ›ense tale	par pille ploité	par mille voiture	par voyageur trans- porté	
9 65	»	»	»	Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars. Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.
0 00	»	»	»	
1 76	337 68	0 0365	0 0174	
4 41	818 79	0 1984	0 0325	
1 90	478 90	0 0425	0 0107	
0 67	3 514 22	0 0769	0 0119	
2 56	1 656 97	0 0441	0 0078	
0 96	355 94	0 0983	0 0069	
> 1	»	»	»	
> 1	.480 23	»	»	
2 10	.525 19	0 0544	0 0012	
9 77	500 36	—0 1423	—0 0562	
6 06	150 85	0 0108	0 0027	
> 1	373 34	»	»	
0 00	»	»	»	
5 78	786 33	0 0334	0 0073	
1 54	821 37	0 0758	0 0153	
3 32	»	»	»	
0 00	»	»	»	
9 92	264 56	0 0055	0 0019	
»	»	»	»	
) 44°/o	948 87	0 052	0 0099	

R

»	»	»	»
»	.092 67	0 6386	0 289
»	.610 54	—0 0177	—0 0062
) 44°/o	.054 18	0 1667	0 051

3 40°/o	.260 67	0 0441	0 0106
> 1	86 16	0 0724	0 0161
4 45	.070 59	0 0886	0 0161
4 85	.947 23	0 1879	0 0270
9 09	.094 86	0 0539	0 0128
7 28	515 02	0 1469	0 0438
0 59	948 92	0 0252	0 0060
8 96	674 08	0 0968	0 0269
»	»	»	»

(stock)		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
	proportion °/° de la dépense totale	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	
	»	»	»	»	
	43 85	736 81	0 0461	0 0052	
	27 50	2.840 31	0 0922	0 0173	
	64 65	875 20	0 0709	0 0166	
	55 84	4.131 50	0 0988	0 0183	
	65 14	600 58	0 1693	0 0374	
	16 35	1.304 79	0 0818	0 0147	
	86 93	852 02	0 0324	0 0062	
	68 56	1.416 23	0 0851	0 0176	
	39 33	212 78	0 0154	0 0027	
	> 1	19 41	0 0805	0 0155	
	71 43	2.739 94	0 0917	0 0292	
	»	»	»	»	
	53 19	1.641 65	0 0794	0 0161	
	Rés				
48	»	»	»	»	
12	»	5.923 95	0 6048	0 1410	
13	»	62 48	0 0496	0 0087	
22	53 19	5.284 08	0 2556	0 0518	
	50 00	»	»	»	
77	»	141 27	0 032	0 0064	
		»	»	»	
63	50 °	454 71	0 103	0 0206	
	34 63	1.925 50	0 0792	0 0144	Longueurs exploitées par traction électrique
	53 56	103 82	0 0263	0 0030	21.213
	43 30	566 60	0 0358	0 0063	1.750
	38 31	361 84	0 0225	0 0044	6.000
	73 87	1.746 12	0 1018	0 0218	4.500
	37 96	509 52	0 5517	0 0811	6.020
	25 60	795 08	0 0294	0 0070	6.500
					33.160
	»	»	»	»	

...por-...n %/. ...la ...ense ...tale	NOM... total	RECETTES NETTES ...e ...lité	par mille-voiture	par voyageur transporté	OBSERVATIONS
			»	»	Longueurs exploitées par traction électrique.
»	10.833	26	0 0497	0 0080	36.200
...5 96	12.103	83	0 0845	0 0131	20.000
...21 84	4.669	88	0 1212	0 0206	29.480
...00 73	6.395	48	0 0685	0 0109	3.800
...55 21	3.584	66	0 0868	0 0120	148.000
...26 12	126.210	87	0 0602	0 0084	3.600
...31 34	7.496				
»	127.292		»	»	
...32 78	»	67	0 0807	0 0159	
Résumé...					
»	127.292		»	»	
»	»	81	1 7758	0 2610	
»	»	17	0 0724	0 0097	
...32 78	»	63	0 2598	0 0512	

ÀTIS

les v

ock)	RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
propor-ion °/o de la dépense totale	r le pité	par mille voiture	par voyageur trans-porté	
47	36 83	0 0405	0 0181	
95	44 90	»	0 0227	
52	29 80	0 0447	0 0105	
68	11 00	0 0073	0 0019	
67	40 70	0 0010	0 0003	
132	96 15	»	»	
222	60 82	»	— 0 062	
»		»	»	
71	06.62	0 0275	0 0075	
Rés				
»		»	»	
»	05 30	0 1439	0 0506	
»	17 64	—0 0032	—0 319	
71	986 94	0 0885	0 0386	
33	363 64	—0 0947	—0 0255	
29	356 36	0 0514	0 0103	
69	211 17	0 0873	0 0205	
75	76 42	—0 1095	—0 0201	
32	300 06	0 1066	0 0173	
61	342 08	0 0990	0 0181	
92	230 81	0 0956	0 0157	
38	291 79	0 0688	0 0150	
44	125 80	0 1185	0 0207	
50	60 26	0 0040	0 0012	
25	915 13	0 0686	0 0157	
48	313 35	0 0388	0 0102	
75	038 08	0 0588	0 0117	
53	027 81	0 0409	0 0104	
16	093 09	0 0695	0 0124	
50	032 09	0 0913	0 0177	
41	674 73	0 0226	0 0073	
89	31 42	0 0075	0 0022	
98	122 65	0 0835	0 0190	
»	»	»	»	

Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars.

Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.

(stock)		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
	proportion °/₀ de la dépense totale	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	
	»	»	»	»	
	47	315 83	0 0139	0 0038	
	61	1.144 27	0 0390	0 0076	
	53	1.370 10	0 1110	0 0208	
	46	743 20	0 0679	0 0112	
	52	351 06	0 1104	0 0208	
	90	3.034 23	0 0691	0 0132	
	62	507 75	0 0235	0 0075	
	86	1.555 14	0 0595	0 0124	
	59	1.626 17	0 0712	0 0127	
	100	822 57	0 0206	0 0046	
0	47 » 5	1.563 10	0 0638	0 0129	
	R				
0	»	0.622 10	0 381	0.0669	
9	»	4.389 23	— 0 352	—0 0821	
9	»				
3	47 5	5.031 24	0 205	0 0415	
0	49	— 351 45	—0 1797	—0 0351	
7	»				
	N				
50	»				
53	49	1.131 23	—0 5784	—0 1130	
					Longueurs exploitées par traction électrique.
	59	»	»	»	
	74	2.375 18	0 0924	0 0209	7.750
	23	915 47	0 0719	0 0245	18.400
	[illegible]	491 83	0 0687	0 0118	37.444
	[illegible] 17	2.212 90	0 0791	0 0155	120.537
	18	375 61	0 0244	0 0058	12.039
	»	»	»	»	A REPORTER.... 196 170

…NS	RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	
760	»	»	»	Longueurs exploitées par traction électrique. Report...... 196.170
000	2.662 74	0 0826	0 0130	7.060
000	6 783 76	0 0975	0 0136	190.154
000	2.018 66	0 0502	0 0084	10.554
.860	»	»	»	403.938
000	4 024 53	0 0899	0 0136	
374 8	»	»	»	
221 8	21.835 30	0 3138	0 0789	
355 8	1.209 00	0 0785	0 0187	
408 0	12.954 00	0 2894	0 0438	

RECETTES NETTES par mille de voie simple exploitée	RECETTES NETTES par mille de ligne exploitée	RECETTES NETTES par voyageur transporté	OBSERVATIONS
— 358 23	— 358 23	—0 049	Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars. Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.
2.086 11	2.264 93	0 026	
4.285 01	8.902 60	0 011	
— 1.260 27	—2.310 49	—0 010	
5.975 76	10.483 78	0 011	
— 77 40	— 77 40	—0 002	
13.637 40	78.533 11	0 015	
8.513 16	17.026 32	0 013	
1.218 78	1.218 78	0 013	
440 96	440 96	0 014	
— 222 78	— 222 78	—0 004	
568 64	568 64	0 013	
11.790 12	18.297 36	0 013	
11.344 94	22.689 88	0 014	
1.086 15	1.086 15	0 016	
950 10	1.900 20	0 005	
11.351 87	23.018 46	0 015	
853 78	853 78	0 032	
937 47	937 47	0 022	
3.251 40	3.251 40	0 018	
125 30	125 30	0 003	
7.497 43	14.994 86	0 017	
1.727 69	1.727 69	0 022	
165 71	165 71	0 002	
16.201 29	33.346 70	0 013	
2.128 37	2.128 37	0 015	
1.492 81	2.985 62	0 004	
— 791 82	— 791 82	—0 003	
1.052 07	1.052 07	0 018	
544 03	544 03	0 008	
— 1.025 77	—1.025 77	»	
204 57	204 57	»	
2.110 42	2.110 42	0.019	
1.516 13	2.673 64	0.011	
— 82 48	— 82 48	—0.006	
7.003 35	14.504 81	0.011	
9.396 75	20.339 03	0.011	
398 00	398 00	0.030	
40.110 61	80.221 22	0.015	
5.306 65	10.613 30	0.012	
19.294 20	38.588 40	0.021	
6.350 75	12.701 50	0.012	
531 80	531 80	0.026	
» 7.505	» 13.067	» 0.0134	

NOMBR[…]		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
		par mille			
total	[…]a- […]r […]s- […]té	de voie simple exploitée	de ligne exploitée	par voyageur transporté	
[…]3.963.177	,	»	»	»	
»	[…]838	129.156	258.312	0 1030	
»	[…]032	— 4.058	—7.440	0 1578	
»	[…]865	24.166	42.076	0 0431	
[…]540.678	[…]58	2.175 93	2.175 93	0 022	
[…]677.355	[…]38	1.042 56	1.042 56	0 012	
[…]274.216	[…]29	4.421 70	7.891 00	0 018	
[…]2.397.481	[…]32	987 75	1.871 00	0 013	
[…]333.420	[…]59	— 1.537 63	—1.537 63	—0 018	
»	»	1.870 92	1.870 92	»	
[…]124.407	[…]27	3.073 15	3.073 15	0 032	
[…]359.278	[…]29	4.236 54	4.236 54	0 021	
»	»	1.305 37	1.305 37	»	
[…]888.157	[…]54	1.630 36	3.260 72	0 023	
[…]349.702	[…]54	236 28	359 44	0 005	
[…]649.808	[…]47	1.813 34	3.430 80	0 024	
»	»	»	»	»	
[…]598.820	[…]48	3.144 67	3.633 80	0 027	
[…]58.685	[…]06	— 133 79	— 133 79	—0 012	
[…].067.431	[…]89	1.524 18	2.009 60	0 029	
»	»	1.890 80	1.890 80	»	
[…]461.540	[…]29	1.619 70	1.619 70	0 023	
[…]403.679	[…]31	1.113 13	1.113 13	0 012	
[…].185.657	.	»	»	»	
»	[…]47	1.363	1.823	0 0176	
[…]185.657	»	»	»	»	
»	[…]491	14.237	25.409	0 1030	
»	[…]899	— 4.951	—4.951	—0 0580	
»	[…]435	4.388	5.870	0 0567	

NOMBRE DE V[illegible]TION			RECETTES NETTES			
total	de v[illegible] simp[illegible]	par voyageur transporté	par mille de voie simple exploitée	par mille de ligne exploitée	par voyageur transporté	OBSERVATIONS
5.177.814	161[illegible]9	0 033	3.204 47	3.653 44	0 019	
16.249.080	386[illegible]8	0 043	1.834 00	3.649 66	0 005	
973.340	7[illegible]4	0 032	1.023 46	1.079 75	0 013	
78.500.000	433[illegible]6	0 037	4.805 87	9.900 09	0 011	
20.109.071	293[illegible]9	0 031	43 21	67 32	0 0001	
5.440.452	219[illegible]2	0 038	3.198 76	6.461 49	0 014	
158.797	4[illegible]8	0 055	1.650 11	1.650 11	0 038	
1.403.206	9[illegible]2	0 038	966 63	966 63	0 010	
14.146.873	230[illegible]4	0 029	4.332 27	9.920 90	0 018	
2.258.512	7[illegible]7	0 051	— 61 88	— 112 62	—0 0008	
885.429	2[illegible]9	0 042	146 97	252 79	0 005	
4.228.209	139[illegible]4	0 034	1.531 86	1.968 44	0 011	
660.397	174[illegible]9	0 044	2.030 94	2.609 76	0 011	
6.942.672	284[illegible]5	0 028	7.113 98	12.129 33	0 027	
»	»	»	»	»	»	
57.733.852	»	»	»	»	»	
»	278[illegible]	0 036	3.451	5.876	0 012	
F[illegible]						
57.733.852	»	»	»	»	»	
»	268[illegible]4	0 285	22.907	39.056	0 197	
»	15[illegible]4	0 145	— 199	— 362	—0 004	
»	173[illegible]2	0 186	11.112	18.920	0 065	
34.822.000	»	»	»	»	»	
»	1.227[illegible]29	0 034	19.796	39.733	0 016	
34.822.000	»	»	»	»	»	
»	762[illegible]5	0 176	63.743	127.940	0 083	

…MBRE DE VOYAGE…	par m…		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
	de voie simple		par mille		qar voyageur transporté	
			de voie simple exploitée	de ligne exploitée		
452	» 24.531		» 245 27	» 490.54	» 0 010	
	Même					
452	» 15.236		» 790	» 1.580	» 0 052	
745						Milles parcourus 9.106.870

TS

nent

[illegible] (…ORTATION)		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
… de ligne exploitée	par voyageur transporté	par mille de voie simple exploitée	par mille de ligne exploitée	par voyageur transporté	
	»	»	»	»	Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars. Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.
95	0 038	4.847 25	9.698 88	0 0113	
.53	0 052	— 338 89	— 629 37	—0 0041	
18	0 033	14.617 44	29.234 88	0 0157	
28	0 029	4.034 86	8.069 72	0 0213	
	»	»	»	»	
	»	»	»	»	
87	0 049	433 38	5.338 87	0 0050	
54	0 079	31 06	31 06	0 0008	
74	»	— 669 79	— 669 79	»	
58	0 041	286 86	286 86	0 0072	
32	0 028	11.231 53	17.643 71	0 0126	
26	0 029	10.963 01	21.926 02	0 0135	
24	0 024	16.599 36	33.198 72	0 0213	
26	0 040	5.565 29	11.130 58	0 0108	
59	0 041	628 69	628 69	0 0097	
49	0 042	1.384 49	1.384 49	0 0182	
19	0 032	13.161 77	26.350 29	0 0157	
94	0 044	929 06	929 06	0 0030	
30	0 072	636 70	636 70	0 0144	
96	0 057	1.625 73	1.625 73	0 0005	
93	0 045	233 90	233 90	0 0049	
25	0 034	6.522 95	12.988 83	0 0170	
94	0 032	1.331 14	1.331 14	0 0158	
59	0 048	182 74	182 74	0 0019	
	»	»	»	»	
33	0 052	— 45 90	— 45 90	—0 0018	
01	0 039	404 46	404 46	0 0170	
	»	»	»	»	
64	»	— 959 98	— 959 98	»	
87	»	— 34 12	— 37 31	—0 0003	
10	0 037	1.804 11	3.052 40	0 0122	
	»	»	»	»	
92	0 055	— 11 22	— 11 22	—0 0014	
	»	»	»	»	
62	0 039	7.972 44	15.944 88	0 0109	
44	0 075	471 22	471 22	0 0282	
08	0 034	18.941 42	25.255 22	0 0179	
04	0 025	5.349 95	10.699 90	0 0153	
	»	»	»	»	
	0 035	7.576	12.644	0 0145	
	»	»	»	»	
	0 4002	60.901	106.900	0 1062	
	0 1243	—3.091	—3.091	0 0212	
	1813	24.394	40.714	0 0467	

…mbre de v…		Recettes nettes			Observations
	de … simple / …r …a- …ur …as- …té	par mille de voie simple exploitée	par mille de ligne exploitée	par voyageur transporté	
.914	77 055	1.617 84	1.617 84	0 021	
747	145 034	1.953 59	1.953 59	0 013	
.577	38 029	709 04	1.290 32	0 019	
	»	»	»	»	
.448	11 053	180 36	180 36	0 016	
.940	182 031	3.552 56	3.552 56	0 019	
.981	135 024	1.634 92	3.037 72	0 012	
.228	79 073	— 1.842 51	—1.842 51	— 0 023	
.955	96 038	1.534 83	1.534 83	0 016	
.312	110 026	3.289 82	3.289 82	0 030	
.189	33 019	1.020 03	1.020 03	0 030	
.792	76 047	497 45	497 45	0 007	
.801	190 030	3.822 25	4.167 63	0 020	
.000	100 028	1.494 83	1.494 83	0 015	
.305	77 051	1.682 83	3.365 66	0 022	
.620	100 038	579 92	699 97	0 006	
.944	29 138	— 2.092 80	—2.840 22	— 0 054	
.490	99 034	834 03	834 03	0 008	
.495	126 011	— 8.103 27	—8.103 27	— 0 064	
.259	88 048	2.106 43	3.989 64	0 023	
.416	153 078	3.954 60	4.259 47	0 026	
.367	31 058	1.055 55	1.055 55	0 033	
.392	30 038	174 28	174 28	0 006	
.330	143 029	2.512 40	3.237 68	0 017	
	»	2.216 72	2.216 72	»	
.384	28 032	1.814 93	1.814 93	0 064	
.126	315 029	6.664 14	11.940 89	0 021	
.656	126 039	367 85	373 60	0 003	
.696	»	»	»	»	
	82 035	1.296	1.955	0 015	
	Ré…				
.696	»	»	»	»	
	196 148	21.458	38.450	0 2083	
	6 570	—26.092	—26.092	—0 1739	
	51 813	4.173	6.295	0 0499	
.732	26 34	5.917 32	6.929 18	0 0224	
4.173	390 41	2.636 44	4.982 87	0 0070	
8.742	9 27	1.767 42	1.767 42	0 0194	
6.302	45 33	5.378 94	10.294 90	0 0118	
4.772	58 28	7.874 24	14.118 51	0 0136	
4.720	»	»	»	»	

…o-…ion de dé-…se …le	to[…]	…ATION par voyageur transporté	RECETTES NETTES par mille de voie simple exploitée	par mille de ligne exploitée	par voyageur transporté	OBSERVATIONS
»	120.9[…]	»	»	»	»	
…50	30.9[…]1	0 0224	6.147 25	9.608 15	0 0137	
…66	5.6[…]2	0 0367	1.113 25	2.226 50	0 0186	
…68	2[…]1	0 0353	3.476 06	3.476 06	0 0459	
…78	1.4[…]0	0 039	1.077 12	1.077 12	0 0110	
…42	21.88	0 036	18.214 53	36.429 06	0 0141	
…50	1.0[…]1	0 0301	1.318 70	1.648 37	0 0158	
…82	1[…]2	0 053	— 91 15	— 91 15	—0 0025	
…54	16.4[…]3	0 0269	4.846 57	8.457 26	0 0218	
…75	3.3[…]5	0 054	— 4.728 36	—7.437 71	—0 0041	
…47	4.7[…]2	0 041	1.130 97	1.345 85	0 0077	
1	33.1[…]2	0 035	17.987 25	35.974 50	0 0152	
1	8.6[…]7	0 0265	8.385 66	12.779 75	0 0290	
…22	9[…]1	0 042	8.803 34	8.803 34	0 0080	
»	249.5	»	»	»	»	
…56		0 037	5.424	8.679	0 0140	
»	249.[…]	»	»	»	»	
»		0 2797	58.651	117.302	0 2377	
»		0 1160	—15.225	—23.949	—0 021[illegible]	
56		0 1916	17.465	27.946	0 0725	
»		»	»	»	»	
1		0 051	1.461	2.922	0 013	
»		»	»	»	»	
1		0 2641	4.704	9.408	0 0673	
	221.[…]					**Milles parcourus : 9.170.940** **Dépenses d'exploitation:** **par train-mille, 0 640** **par voy. transporté 0 0272**

…ATIST…

…r mille-voiture	…TION par voyageur transporté	RECETTES NETTES par mille exploité	RECETTES NETTES par mille voiture	RECETTES NETTES par voyageur transporté	OBSERVATIONS
1 1	0 041	53 09	0 005	0 004…	Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars. Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.
4 2	0 033	7.887 07	0 070	0 016…	
»	0 055	— 243 71	»	—0 003…	
2 9	0 051	584 03	0 016	0 005…	
1 8	0 039	3.296 89	0 018	0 010…	
»	»	— 238 68	— 0 006	»	
3 5	0 027	5.920 93	0 054	0 015…	
»	»	598 00	0 042	»	
0 8	0 053	— 768 47	— 0 018	— 0 023…	
1 5	0 050	118 04	0 004	0 002…	
8 0	0 021	15.877 75	0 122	0 015…	
5 0	0 040	3.761 06	0 054	0 010…	
»	0 027	2.914 10	»	0 026	
3 5	0 031	6.983 86	0 147	0 042…	
»	0 029	10.558 82	»	0 020…	
»	0 0334	5.370 34	»	0 017…	
2 1	0 081	541 88	0 030	0 0141	
»	0 030	6.941 71	»	0 020	
1 7	0 030	2.327 01	0 036	0 020…	
1 1	0 042	496 32	0 007	0 006…	
»	»	»	»	»	
4 3	0 029	6.595 65	0 062	0 017	
Rés…					
»	»	»	»	»	
5	0 42	51.110 50	0 473	0 218	
0 5	0 109	— 2.473 70	— 0 058	—0 119	
2 7	0 150	21.233 40	0 20	0 088	
1 44	0 0366	645 66	0 02	0 013…	
2 »	0 052	— 241 39	—0 007	—0 003…	
2 33	0 0395	1.403 78	0 025	0 010	
»	0 0835	— 266 80	»	—0 034	
»	»	1.328 24	»	»	
2 67	0 0308	7 477 75	0 1002	0 037…	
4 12	0 0476	963 06	0 0171	0 004…	
»	0 0370	24.824 32	»	0 096	
1 5	0 0192	4.159 86	0 042	0 028	
0 94	0 0325	2.087 75	0 013	0 014	
5 28	0 0355	11.282 93	0 085	0 0161	
»	»	»	»	»	
»	»	»	»	»	

ECRS		ON	RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
e	par mil voitur	par voyageur trans-porté	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur trans-porté	
	»	»	»	»	»	
05	1 7	0 0389	3.296 89	0 0181	0 0103	
73	2 7	0 0579	— 423 01	—0 0207	—0 0052	
32	3 2	0 0220	18.111 50	0 669	0 1473	
62	2 3	0 0353	6.735 01	0 149	0 0650	
55	1 0	0 0344	439 96	0 0099	0 0085	
33	0 4	»	— 1.260 76	—0 031	—0 0823	
14	1 1	0 0389	693 77	0 010	0 0087	
58	3 0	»	3.411 46	»	0 0480	
51	4 3	0 0326	1.894 71	0 0713	0 0157	
43	3 8	0 0373	9.009 20	0 0787	0 0207	
41	6 7	0 0273	»	»	»	
54	0 6	0 0573	287 40	0 00[illegible]	0 0051	
	»	»	»	»	»	
91	2 6	0 0334	2.972 75	0 041	0 0157	
	»	»	»	»	»	
60	2 3	0 0442	1.553 04	0 0284	0 0125	
99	2 7	0 0330	1.372 84	0 0367	0 0170	
15	1 8	0 0447	812 45	0 0154	0 0083	
31	1 7	0 0331	14.463 96	0 3184	0 1851	
38	1 4	0 0251	4.381 98	0 0356	0 0249	
25	2 1	0 0365	2.398 08	0 0353	0 0171	
33	7 0	0 0404	1.047 87	0 0693	0 010	
86	2 7	0 036	4.293 45	0 0602	0 021	
76	4 4	0 30	79.909 49	1 49	0 959	
02	0 4	0 114	— 4.158 38	—0 10	—0 426	
89	1 7	0 186	13.820 62	0 194	0 109	
	5	0 028	»	0 1214	0 023	
313	2	0 0284	10.428 46	0 0254	0 0123	
205	7	0 0333	7.894 39	0 109	0 0158	
225	2.	0 029	9.432 73	0 064	0 018	
407	1	0 15	30.383	0 196	0 093	

…ements

…AGEURS		…ITATION	RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
…ille …ité	par mille voiture	par voyageur transporté	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	
.458	» »	0 034	10.214 12	»	0 017	
.565	» »	0 176	» 32.889	» »	» 0 088	
.152	»	0 027	15.276 93	»	0 018	
R…						
.429	» »	» 0 140	» 49.176 00	» »	» 0 093	
.292	130	0 0125	259.959 92	2.849	0 022	
.200	»	0 0145	11.307 14	»	0 011	
.972	11	»	»	»	»	
.713	»	0 0276	23.361 92	»	0 021	
	»	»	»	»	»	
.812	» 34	» 0 014	» 58.786 93	» 2 85	» 0 018	
	»	»	»	»	»	
.944	»	0 143	736.811	»	0 114	
.731	»	0 064	36.398	»	0 057	
.083	21	0 073	189.235	9 17	0 093	
		»	»	»	»	
	» »	» »	» »	» »	» »	

ATIS

		RECETTES NETTES			
par mille-voiture	r yeur ns-rté	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur trans-porté	OBSERVATIONS
5 6	491	197 30	0 02	0 0040	Les titres des colonnes s'appliquent aux statistiques américaines exprimées en milles et dollars. Pour les résumés en mesures françaises, les nombres donnés représentent des kilomètres et des francs au lieu de milles et de dollars.
2 3	513	— 116 17	— 0 005	—0 0020	
0 7	464	313 74	0 003	0 0040	
»	»	»	»	»	
7 7	224	13.367 61	0 11	0 0144	
	277	1.984 59		0 0154	
	290	1.792 42		0 0204	
	428	2.228 65		0 0067	
»	»	— 1.401 92	— 0 03	»	
	281	5.033 10		0 0131	
»	»	213 13	0 01	»	
3 2	272	250 50	0 01	0 0026	
	320	9.096 89		0 0278	
»	322	2.155 14	»	0 0187	
»	»	»	»	»	
7 0	277	5.979	0 09	0 0160	
R					
»	»	»	»	»	
4 8	651	43.027	0 35	0 1440	
0 4	721	— 4.512	— 0 10	— 0 0103	
4 3	435	19.245	0 29	0 0829	
3 6	320	3.609 13	0 06	0 0187	
»	330	279 95	0 01	0 0611	
3 4	350	2.880 71	0 05	0 0154	
»	»	— 1.597 30	»	»	
»	10	881 00	»	0 0050	
»	590	2.506 17	»	0 0602	
5 7	510	— 99 70	— 0 016	—0 0028	
1 0	240	579 86	0 02	0 0220	
3 0	320	6.108 55	0 07	0 0240	
0 9	10	52 44	0 002	0 0020	
2 8	20	738 60	0 03	0 0106	
2 1	280	2.144 22	0 04	0 0209	
5 3	370	4.288 14	0 08	0 0163	
»		»	»	0 0438	
»	320	10.091 77	»	0 0687	
»	300	1.118 86	»	0 0171	
»	570	836 91	»	0 0120	
1 5	220	2.354 43	0 01	0 0084	
5 5	20	448 78	0 02	0 0049	
4 4		»	»	»	
»		»	»	»	
2 1	290	2.087 26	0 04	0 0206	

…s par mille-voiture
»
»
5 2
»
4 8
»
2 3
»
»
»
»
4 5
1 9
»
»
3 6
»
»
»
»
2 4
1 7
1 4
1 3
»
8 5
2 1
»
5 3
2 7
»
»
2 2
»
3 2
Résu…
»
5 3
0 6
2 0
5 7
»
5 7

…tation	Recettes nettes			Observations
par voyageur transporté	par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	
»	»	»	»	
0 0290	3.835 46	»	0 0196	
0 0250	12.036 12	0 14	0 0280	
»	»	»	»	
0 028	18.479 65	0 16	0 0336	
0 0240	143 90	0 01	0 0270	
0 0280	3.227 13	0 05	0 0232	
0 0590	256 49	»	0 0033	
0 0530	— 663 72	»	—0 0065	
»	»	»	»	
0 0330	1.831 92	»	0 0240	
0 0390	3.953 23	0 05	0 0119	
0 050	166 82	0 004	0 002	
»	»	»	»	
»	»	»	»	
0 025	13.146 89	0 32	0 089	
0 042	2.999 84	»	0 078	
0 036	1.872 36	»	0 094	
0 037	637 52	»	0 011	
0 030	3.714 16	»	0 017	
0 066	— 171 01	—0 004	—0 002	
0 032	1.196 96	0 03	0 020	
0 074	3.846 61	0 09	0 064	
0 040	982 94	0 02	0 014	
0 030	2.537 36	»	0 020	
0 041	197 01	0 02	0 002	
0 063	833 52	0 04	0 021	
0 053	3.282 47	»	0 068	
»	»	»	»	
0 035	2.272 18	0 03	0 012	
0 040	1.077 50	»	0 010	
»	»	»	»	
0 020	4.815 06	0 13	0 062	
»	»	»	»	
0 033	4.059 63	0 08	0 027	
»	»	»	»	
0 306	59.481	1 03	0 4869	
0 104	— 5.141	—0 052	—0 5092	
0 171	13.067	0 26	0 1398	
0 0500	1.840 89	»	0 0036	
0 0270	»	0 130	0 0230	
0 0320	15.316 97	»	0 0195	
»	»		»	
0 0313	10.024 71	0 130	0 0193	

…r …geur …s- …té	RECETTES NETTES par mille exploité	par mille-voiture	par voyageur transporté	OBSERVATIONS
…21	» 32.267	» 0 418	» 0 1000	
…480 …280 »	71 88 475 54 »	» 0 014 »	0 0012 0 0120 »	
» …300	» 431 05	0 014	» 0 0104	
» …554	» 1.387	» 0 045	» 0 0538	
» …330	» 13.036 37	» »	» 0 0180	
» …709	» 41.961	» »	» 0 0932	
» …03	» 21.824	» »	» 0 018	
» …0 15	» 70.246	» »	» 0 093	
» …0335	» 854	» 0 084	» 0 0164	

nsei

NOMBR…	…ITATION		RECETTES NETTES			OBSERVATIONS
…al	…le-…e	par voyageur transporté	par mille exploité	par mille voiture	par voyageur transporté	
…4.006	…0	0 1735	2.749	0 270	0 0850	
»						
…8.991	…2	0 0120	245.050 67	2 014	0 0185	
…5.572		0 0170	8.526 52	»	0 0077	
…9.438		0 0250	22.287 37	»	0 0190	
…6.617		0 0310	22.539 14	»	0 0090	
»		»	62.771 87	»	»	
»		»	»	»	»	
…0.618	…2	0 0164	51.964 93	2 014	0 0167	
»						
…0.618		0 1606	788.759	»	0 0984	
»		0 0621	27.445	»	0 0398	
»	…5	0 0849	167.263	6 482	0 0865	
»						

DE VOIES exploitées	a	OBSERVATIONS
		4 — 8 1/2.
es)		
15 85		
32 00	1.	rquées.
27 00	1.	
54 00		
160 00	9.	20 à grip, 1.221 remorquées.
185 00	13.	00 id. 225 id.
100 00	10.	30 id. 470 id. 300 à chevaux.
18 62	7.	motives.
14 25	10.	id.
		ins parcourus. 1.229.957 dépenses par voyageurs 0 0419
		ures — 5.182.598 — par train-mille 0 462
		transportés.... 13.587.791 — par voit.-mille 0.109
33 00	11.	
15 39		
17 0		
19 44		
12 00		rquées
9 5		
15 0		id.
3 0		
6 5		id.
6 0		id.
22 0		id.
17 0		

GNE

	000 HAB	.000 HABITANTS			TRAMWAYS INTERURBAINS			
		1892			1890		1892	
	animale	animale	autres		animale	autres	animale	autres
3	50 4	1.978 5	996 4		415 1	114 9	271 1	389 2
		»	»		»	»	»	»
		»	»	moins de 10.000	126 2	14 0	»	»
	16 9	»	»	de 10.000 à 15.000	»	»	14 0	»
	30			de 15 à 20	182 2	82 4	44 8	76 3
	»	762 6	336 8	de 20 à 30	64 7	3 0	116 0	154 6
	»	99 3	168 0	de 30 à 40	»	»	92 5	33 5
	»	315 1	112 6	de 40 à 50	42 0	15 5	»	»
		536 7	113 8	de 50 à 75	»	»	3 8	56 5
		264 8	107 7	de 75 à 100	»	»	»	22 2
		»	100 2	de 100 à 150	»	»	»	»
		»	54 3	de 150 à 200	»	»	»	46 0
	1	»	1		3	2	»	3
	»	»	»		1	»	»	1
	1	»	»		2	1	1	4
	»	1	1		1	»	1	»
	1	1	1		»	»	»	1
	»	2	»		2	»	»	1
	»	1	»	de 6 à 7.000	»	»	»	»
	»	1	1	plus de 7.000	1	»	»	1
	»							
	»							
				sans renseignements	2	2		
	2	5	»	moins de 5	2	»	2	3
	»	»	»	de 5 à 10	2	1	»	3
	1	»	4	de 10 à 15	3	»	»	4
	»	»	»	de 15 à 20	»	»	»	1
	»	1	»	de 20 à 25	1	»	»	»
	»	»	»	plus de 25	»	»	»	»
	»							
	1	»	»		»	2	»	»
		»	»	moins de 30.000	2	1	1	»
	»	»	»	de 30.000 à 40.000	»	»	»	1
	»	»	»	de 40 à 50	»	»	»	»
	»	»	»	de 50 à 75	»	»	»	1
	»	»	1	de 75 à 100.000	1	»	»	»
	1	3	2	de100.000 à 500.000	3	»	»	6
	»	3	1	de plus de 500.000	4	»	1	3
	»							
	»							
	»							
	1							
	1	»	1		3	2	»	3
	»	1	»	de moins de 4.000	3	1	1	1
		1	1	de 4.000 à 5.000	1	»	»	1
	»	1	»	5 à 6	»	»	»	1
	1	1	»	6 à 7	»	»	»	»
	»	1	»	7 à 8	»	»	»	1
	»	1	1	8 à 9	1	»	»	1
	»	»	1	9 à 10	»	»	»	1
	1			10 à 15	»	»	»	1
	»			15 à 20	2	»	1	1
	»			plus de 20.000	»	»	»	»
	2	5	»		2	2	2	3
	»	»	»		»	»	»	»
	»	»	»		1	»	»	»
	»	»	1		»	»	»	»
	1	»	1		»	1	»	1
	»	1	»		3	»	»	5
		»	1		3	»	»	2
		»	1		1	»	»	»

	…00 HABITANTS			…00 HABITANTS			TRAMWAYS INTERURBAINS			
	1892			1892			1890		1892	
	animale	autres		animale	autres		animale	autres	animale	autres
3	50 4	247 8		.978 5	(2) 996 4		415 1	(3) 114 9	271 1	(4) 389 2
	1									
	»	7		»	»		»	2	»	»
	»	•	m	»	1	moins de 1 0	2	»	1	»
	1	1	1	«	»	de 1 0 à 1 5	1	1	»	1
	»	2		»	»	de 1 5 à 2	1	»	»	»
	»	3		»	»	de 2 à 2 5	»	»	»	3
	»	»		3	1	de 2 5 à 3 0	»	»	»	»
	●	»		»	1	de 3 0 à 3 5	3	»	»	1
	»	1		»	1	de 3 5 à 4 0	1	»	»	3
	»	»		3	»	de 4 0 à 4 5	2	»	»	2
	»	»				plus de 4 5	»	»	1	1
	1	»								
	2	13		5	»		2	2	2	3
	»	»		»	»		»	»	»	»
	»	»		»	2		1	1	»	»
	1	»		1	»		»	»	»	2
	»	1		»	»		3	»	»	4
				»	2		4	»	»	2
	1	8		»	»		»	2	»	»
	»	»		1	2		»	1	»	1
	»	2		2	»		»	»	»	3
	»	1		»	»		1	»	1	3
	»	»		2	2		3	»	»	2
	»	1		1	»		5	»	»	2
	»	2		»	»		1	»	»	»
	1	»		»	»		»	»	1	»
	»	»								
	1	»								
	»	»								
	1	8					»	2	»	»
	»	»								
	1	»	m	»	»	moins de 10.000	2	»	1	1
	1	1	7.	1	3	de 10.000 à 20.000	»	1	»	»
	»	1		2	»	de 20 à 30	1	»	»	1
	»	1		1	»	30 à 40	1	»	»	1
	»	1		1	1	40 à 50	»	»	»	»
		2		»	»	50 à 75	2	»	»	3
				»	»	75 à 100	1	»	»	1
			pl	1	»	100 à 200	3	»	1	3
						plus de 200.000		»	»	1
	1	8		»	»		»	2	»	»
	»	»								
	1	1		»	»		»	»	»	1
	»	3		1	1		3	»	1	4
	1	»		1	1		2	»	1	3
	»	1		2	2		2	1	»	3
	»	1		1	»		3	»	»	»
				1	»		»	»	»	»
				»	»		»	»	»	»

… - - …………… 52 Électricité……… 385 7
- - …………… 14 Câble…………… 3 4
- - …………… 32

le t

le t u courant électrique à 500 volts,

POIDS d'eau par cheval indiqu et par heu en livre	E S peur rs et jour aires	DÉPENSE TOTALE par heure et par cheval-vapeur électrique à la voiture calculée sur la base de 365 jours de travail et 20 heures par jour		INTÉRÊT d'argent à 8 °/° par heure de cheval électrique à la voiture	DÉPENSE DU COURANT électrique par heure, y compris l'intérêt d'argent			
					Charbon à 8 s. par tonne		Charbon à 12 s. par tonne	
		charbon à 8 s. par tonne	charbon à 12 s. par tonne		par cheval électrique et par heure à la voiture	par ampère-heure à 500 volts à la voiture	par cheval électrique et par heure à la voiture	par ampère-heure à 500 volts à la voiture
3	23	24	25	26	27	28	29	30
33	42	0 565	0 677	0 065	0 630	0 422	0 742	0 497
29	09	0 516	0 617	0 068	0 587	0 391	0 685	0 459
26	71	0 491	0 580	0 062	0 553	0_370	0 642	0 430
24	51	0 473	0 555	0 066	0 540	0 361	0 621	0 416
22	31	0 448	0 523	0 059	0 507	0 340	0 582	0 390
20	16	0 418	0 488	0 062	0 481	0 322	0 550	0 368
20	11	0 429	0 497	0 060	0 489	0 328	0 557	0 373
18	96	0 398	0 460	0 063	0 461	0 308	0 523	0 350
17	81	0 400	0 457	0 062	0 461	0 310	0 520	0 348
16	75	0 380	0 436	0 068	0 448	0 300	0 504	0 337
15	65	0 371	0 423	0 071	0 442	0 296	0 494	0 331
14	24	0 374	0 417	0 070	0 444	0 297	0 488	0 326

ANNEXE 16

TRACTION FUNICULAIRE

RÉPARTITION DE LA FORCE MOTRICE

ENTRE LES MACHINES, LES CABLES ET LES VOITURES

Communication de M. Robert GILLHAM, *au Congrès de Chicago.*

I. — TRAMWAYS DE KANSAS-CITY.

TABLEAU N° 1.

Expériences sur les câbles de l'usine de l'Union-Depot.

Dates des essais	Numéros des essais 1	Nombre des essais 2	Durée des essais en heures 3	Force moyenne totale 4	Force perdue à la machine et à l'arbre de transmission 5	Force employée au câble et au mécanisme du câble 6	Force employée aux voitures et aux voyageurs 7
1891				chev. vap.	chev. vap.	chev. vap.	chev. vap.
Août 7	1	36	18 5	72 12	14 09	32 39	25 64
Septembre 8	2	30	15 0	95 13	15 78	42 05	37 29
— 22	3	32	16 0	94 35	12 75	33 83	47 76
Octobre 11	4	22	10 5	92 02	16 07	35 82	40 13
— 26	5	32	16 0	82 40	18 71	35 00	28 69
Novembre 10	6	34	17 0	95 73	16 00	35 84	43 89
— 25	7	34	17 0	90 00	21 12	29 76	39 12
Décembre 29	8	30	15 0	94 78	18 35	36 68	39 75
1892							
Janvier 14	9	34	17 5	94 57	16 10	36 63	41 84
— 29	10	34	17 0	100 52	20 03	30 57	49 98
Mars 4	11	34	17 0	100 13	17 01	35 86	47 26
— 5	12	34	17 0	99 60	12 23	42 20	45 17
— 24	13	34	17 0	104 53	12 23	42 20	50 10
Mai 12	14	34	17 0	112 00	18 64	42 21	51 15
Juin 8	15	34	17 0	107 73	18 64	42 21	46 88
— 22	16	34	17 0	118 80	14 91	42 70	61 19
Moyennes	»	33 27	16 34	97 21	16 41	37 24	43 41

Dates des essais	Pourcentage de la force de la machine 8	Pourcentage de la force du câble 9	Pourcentage de la force des voitures 10	Tension maximum du câble 11	Tension moyenne du câble 12	Nombre moyen de trains 13	Force moyenne par train 14	Observations
1891								
Août 7	19 54	44 91	35 55	8.350	3.840	5 6	4.578	Temps beau.
Septembre 8	16 59	44 21	39 20	7.027	4.203	8 8	4.226	
— 22	13 52	35 86	50 62	9.850	4.388	9 1	5.248	
Octobre 11	17 46	38 93	43 61	5.670	4.312	9 8	4.093	
— 26	12 70	42 47	34 82	7.787	4 423	9 2	3.119	
Nov. 10	16 71	37 44	45 85	7.840	4.178	9 1	4.822	
— 25	23 46	33 07	43 47	9.000	3.700	9 2	4.252	
Dec. 29	29 36	38 70	41 94	9.100	4.038	9 5	4.484	Neige, voie boueuse.
1892								
Janvier 14	17 03	38 73	44 24	7.940	4.140	9 2	4.547	Pluie et neige.
— 29	19 93	30 35	49 72	11.730	4.250	9 2	5.432	Voie boueuse.
Mars 4	16 99	35 81	47 20	18.050	4.230	9 2	5.136	
— 5	12 28	42 37	45 35	13.670	4.620	9 2	4.909	Voie très boueuse.
— 24	11 70	40 37	47 93	15.000	4.890	10 0	5.010	
Mai 12	16 64	37 69	45 67	17.473	5.900	12 0	4.262	
Juin 8	17 30	39 18	43 52	17.340	5.120	11 8	3.973	Après la pluie.
— 22	12 55	35 94	51 51	18.980	6.270	13 2	4.635	
Moyennes	17 10	38 49	44 39	11.550	4.351	9 63	4.526	

TABLEAU N° 2.

Expériences sur les câbles de l'usine de l'avenue Woodland.

DIAMÈTRE du cylindre des machines	FORCE PERDUE A LA MACHINE et au mécanisme du câble	FORCE EMPLOYÉE AU CABLE de l'avenue de l'Indépendance	FORCE EMPLOYÉE AU CABLE de la 9e rue Est	FORCE EMPLOYÉE AU CABLE de l'avenue Troost	FORCE TOTALE	NOMBRE de tours de la machine	LONGUEURS des câbles
	ch.vap.	ch.vap.	ch.vap.	ch. vap.	ch. vap.		pieds
Premier essai : 24 × 48 pouces	34,16	25,5	31,53	96,75	187,85	60	Avenue Troost... 33 600; Avenue de l'Indépendance... 8 571
Second essai : 28 × 48 id.	37,76	26,87	33,57	104,17	202,37	72	9e rue Est...... 6 202

TABLEAU N° 3.

Expériences sur les poulies de roulement des câbles.

NOMS des lignes	NUMÉROS d'ordre	POIDS des poulies	DIAMÈTRE des poulies	DIAMÈTRE des tourillons	RAPPORT des diamètres	RELATION entre les rapports	RELATION entre les poids	LONGUEUR du câble	FORCE par 1,000 pieds: à 7,3 milles par heure	à 8 milles par heure	à 9,7 milles par heure
		livres	pouces	pouces				pieds			
East Ninth Street.....	1	50	11 3/4	1 1/4	1 à 9,4	1,00	1,0	6 202	»	5 084	5 513
Standard of 1888.....	2	30	10 1/2	3/4	1 — 14,0	1,39	0,75	21 200	4 184	»	»
Indépendance-Avenue	3	76	27	1 1/8	1 — 19,3	2,08	1,5	8 571	»	2 063	3 175
Main Line old pattern	4	76	24	7/8	1 — 24,15	2,67	1,0	15 000	2,9	»	»
id. steel......	5	37	25	7/8	1 — 25,15	2,67	0,9	21 000	1 255	»	»
Troost-Avenue 1887..	6	»	»	»	»	»	»	33 600	»	2 000	»
id. 1888..	7	»	»	»	»	»	»	33 600	»	»	1 129
Washington Avenue..	8	19	16	11/16	1 à 13,27	1,51	0,57	23 500	»	»	2 833

NOTA. — Dans ces essais, les câbles ont été enlevés de dessus les roues motrices, puis ils ont été remis sur les roues l'un après l'autre. Chaque paire de roues motrices exige 5 chevaux-vapeur.

TABLEAU N° 4.

Expériences sur la force par pied linéaire.

	LIGNES	LONGUEUR du câble essayé	VITESSE DU CABLE en milles à l'heure	FORCE par pied linéaire du câble	OBSERVATIONS
	Washington-Street.	pieds 23 759	8 0	0 0029	Poulies en fonte { 16 pouces de diamètre de la roue; poids 37 livres; 11/16 de pouce de diamètre de l'axe; distance 32 pieds.
1re Station	Main-Line.........	22 000	7 3	0 0017	Poulies en acier { 22 pouces de diamètre; poids 37 livres; distance 32 pieds.
	Main-Line.........	22 000	7 3	0 0029	Poulies en fonte { 22 pouces de diamètre de la roue; poids 76 livres; 7/8 de pouces de diamètre de l'axe.
	Troost-Avenue.....	33 600	9 7	0 0031	Poulies en fonte { 12 pouces de diamètre de la roue; 7/8 de pouce de diamètre de l'axe.
2e Station	Independance-Avenue	8 571	8 0	0 00296	Poulies en fonte { 22 pouces de diamètre de la roue; 7/8 de pouce de diametre de l'axe. Poids, 76 livres.
	East-Ninth-Street...	6 202	8 0	0 00508	Courbe probablement en mauvais état.

II. — TRAMWAYS DE CLEVELAND.

TABLEAU N° 5.

Expériences sur les câbles de la station de force.

NUMÉROS DES CABLES	CABLE ESSAYÉ	LONGUEUR des câbles en pieds	VITESSE DES CABLES en milles à l'heure	FORCE EMPLOYÉE à la traction des câbles	FORCE EMPLOYÉE par pied linéaire de câble	OBSERVATIONS
		pieds		chevaux	chevaux	
1	East-Superior-Street	23 900	14	78 43	0 00328	Aucune courbe sur le câble.
2	West-Superior-Street	24 300	12	61 25	0 00252	id.
3	East-Payne-Avenue.	25 300	12	144 13	0 00569	4 courbes à double voie et à angle droit.
4	West-Payne-Avenue	24 050	12	56 11	0 00233	Aucune courbe sur le câble
5	Water-Street-auxillary	7 850	4	14 50	0 00184	1 courbe à double voie et à angle droit.

III. — TRAMWAYS DE DENVER.

TABLEAU N° 6.

Expériences sur les câbles marchant à charge.

NUMÉROS DES CABLES 1	CABLES essayés 2	LONGUEURS des câbles 3	FORCE employée aux câbles seuls (1er essai) 4	FORCE employée aux câbles seuls (2e essai) 5	FORCE MOYENNE 6	FORCE MOYENNE par pied linéaire sans voiture en service 7	TRAINS de 2 voitures pendant les essais suivants 8	ESSAIS de force pour les câbles et les trains 9
		pieds.	chev. vap.	chev. vap.	chev. vap.	chev. vap.		
1	Larrimer-Street (1) ..	23.100	125 95	126 645	126 297	005 467	15	Force
2	Sloan's-Lake (2)......	31.250	95 045	106 035	100 540	003 217		moyenne
3	Seventeenth-Avenue(3)	31.347	77 860	70 530	74 195	002 932	10	pour les
4	Welton-Street (4)	36.850	211 835	205 640	208 738	005 664	12	câbles et
5	West-Denver	28.000	»	»	»	»	8	trains
6	North-Denver (5).....	27.270	51 535	55 655	53 695	002 120	10	1.147
7	Seventecth-Street (6) .	11.850	30 925	24 730	27 827	002 348	6	chevaux.

(1) Conduite pleine de poussière.
(2) Trois croisements de double voie à câble.
(3) Une courbe à angle droit et une courbe de 60°.
(4) Trois courbes à double voie. Un croisement de double voie à câble.
(5) Une courbe de 40°. Un croisement de double voie à câble.
(6) Deux croisements de double voie à câble.

TABLEAU N° 7.

Différences entre la force théorique et pratique des câbles.

NUMÉROS des câbles	CABLES essayés	LONGUEURS des câbles	FORCE théorique	FORCE réelle	DIFFÉRENCE	OBSERVATIONS
		pieds.	chevaux-vap.	chevaux-vap.	chevaux-vap.	
1	Larrimer-Street	23.100	60 352	126 297	65 945	
2	Sloan's-Lake	31.250	77 514	100 54	23 023	
3	Seventeenth-Street..	11.850	26 647	27 827	1 18	
4	Welton-Street......	36.850	133 001	208 738	75 727	
5	Seventeenth-Avenue.	25.297	73 187	74 195	1 008	
6	North-Denver......	25.271	52 539	53 595	1 056	
7	West-Denver	28.000	»	»	»	Non encore en exploitation.
	TOTAUX....	183.617	423 270	591 192	167 942	

IV. — TRAMWAYS DE CHICAGO.

TABLEAU N° 8.

Expériences sur les câbles des usines des 55e et 25e rues.

RUE	NUMÉROS des câbles	LONGUEURS de câbles essayés	VITESSE des câbles en milles à l'heure	FORCE par pied linéaire de câble	OBSERVATIONS
		pieds.			
55	10	22.572	13 76	0064	Les câbles n'ont pas été essayés séparément.
	11	22.472	13 76	0064	
	12	10.868	13 76	0064	
	13	3.786		0064	
25	1	20.302	9 65	0055	id.
	3	23.620	9 65	0055	
	5	4.600	»	0055	Câbles auxiliaires.
	6	4.700	»	0055	

TABLEAU N° 9.

Expériences sur la force nécessaire à la traction d'un train, d'une voiture ou d'une tonne.

RUE	HEURES D'OBSERVATION	FORCE MAXIMUM	FORCE MINIMUM	DIFFÉRENCE DE FORCE	NOMBRE DE TRAINS	NOMBRE de voitures	NOMBRE de voyageurs	TONNAGE TRANSPORTÉ	VARIATION de force par tonne	FORCE MAXIMUM par tonne moins la force de traction du câble à vide	OBSERVATIONS
		ch.vap.	ch.vap.	ch.vap.				tonnes		chevaux	
55	5h,30 Mat.	319	319	»	»	»	»	»	»	»	
	6h,20	506	319	187	15	15	600	124	1 51	3 08	
	7h,45	602	372	230	18	23	720	167	1 38	3 60	
	7h,55	620	326	294	18	23	720	167	1 76	71	Câbles à vide.
25	4h,50 Mat.	294	»	»	»	»	»	»	»	»	
	7h,05	582	406	176	55	87	3 754	735	239	792	
	7h,16	636	497	139	60	95	3 725	780	179	816	
	7h.46	709	546	163	70	120	4 050	924	176	767	Câbles à vide.

Moyenne des forces maxima · 576 chevaux (1er essai) et 642,4 (2e essai).
Un train est composé d'une voiture à grip et d'une voiture remorqueuse.

TABLEAU N° 10.

Expériences du 20 juin 1893 à l'usine centrale.

NUMÉROS DES ESSAIS	HEURES DES ESSAIS	PRESSION moyenne effective	FORCE moyenne	MOYENNE à chaque heure			OBSERVATIONS
	Matin.						
1	7h30	24 95	480 28	de 7h Mat.	à 8h Mat.	530 96	La durée du service était. au moment des essais de 21 heures, et la force totale de 12.703,70 chevaux-vapeur, ce qui donne une moyenne de 605 chevaux-vapeur. La force perdue à la machine et au mécanisme des câbles était de 372 chevaux-vapeur, et le nombre des voitures en service étant de 111, la force moyenne par voiture était de $\frac{605 - 372}{111} = 2,1$ chevaux. Pendant les heures les plus chargées, cette force a été en moyenne de : $\frac{815\ 51 - 372}{133} = 3,33$ chevaux. La consommation du charbon a été de 2,47 livres par car-mille, et le parcours total journalier des cars a été de 13 982 milles.
2	7 45	25 45	489 91				
3	8 00	32 35	622 73	8	9	593 28	
4	8 15	24 30	467 77				
5	8 30	28 95	557 28	9	10	650 46	
6	8 45	27 85	536 11				
7	9 00	40 65	782 51	10	11	567 68	
8	9 15	39 40	758 45				
9	9 30	29 60	569 80	11	12	595 21	
10	9 45	33 00	635 25				
11	10 00	26 30	506 28	12	1 Soir.	535 92	
12	10 15	30 45	586 16				
13	10 30	27 75	534 19	1 Soir	à 2	476 44	
14	10 45	31 55	607 34				
15	11 00	31 40	604 45	2	3	510 44	
16	11 15	31 30	602 53				
17	11 30	31 45	605 41	3	4	591 68	
18	11 45	28 65	551 51				
19	12 00	31 80	612 15	4	5	815 51	
	Soir.						
20	12 15	30 30	583 28				
21	12 30	27 90	537 07	5	6	795 56	
22	12 45	25 45	489 91				
23	1 00	23 75	457 19	6	7	910 46	
24	1 30	25 75	495 69				
25	2 00	24 75	476 44	7	8	762 87	
26	2 30	28 10	540 92				
27	3 00	26 70	513 98	8	9	660 47	
28	3 30	30 25	582 31				
29	3 45	38 12	733 81	9	10	653 25	
30	4 00	29 88	575 19				
31	4 15	42 50	818 13	10	11	553 51	
32	4 30	50 25	967 31				
33	4 45	46 88	902 44				
34	5 00	42 31	814 47				
35	5 15	43 37	834 87	Total pour 16h :		10.203 70	
36	5 30	36 88	709 94				
37	6 00	43 76	842 38				
38	6 30	52 75	1.015 44				
39	7 00	45 38	873 56				
40	7 30	37 45	720 91				
41	8 00	36 06	694 16				
42	8 30	33 12	637 55				
43	9 00	33 75	649 69				
44	10 00	34 12	656 81				
45	10 15	26 10	502 42				
46	10 30	29 40	565 95				
47	10 45	27 00	519 75				
48	11 00	27 15	522 64				
		1.576 33	30.344 32				

